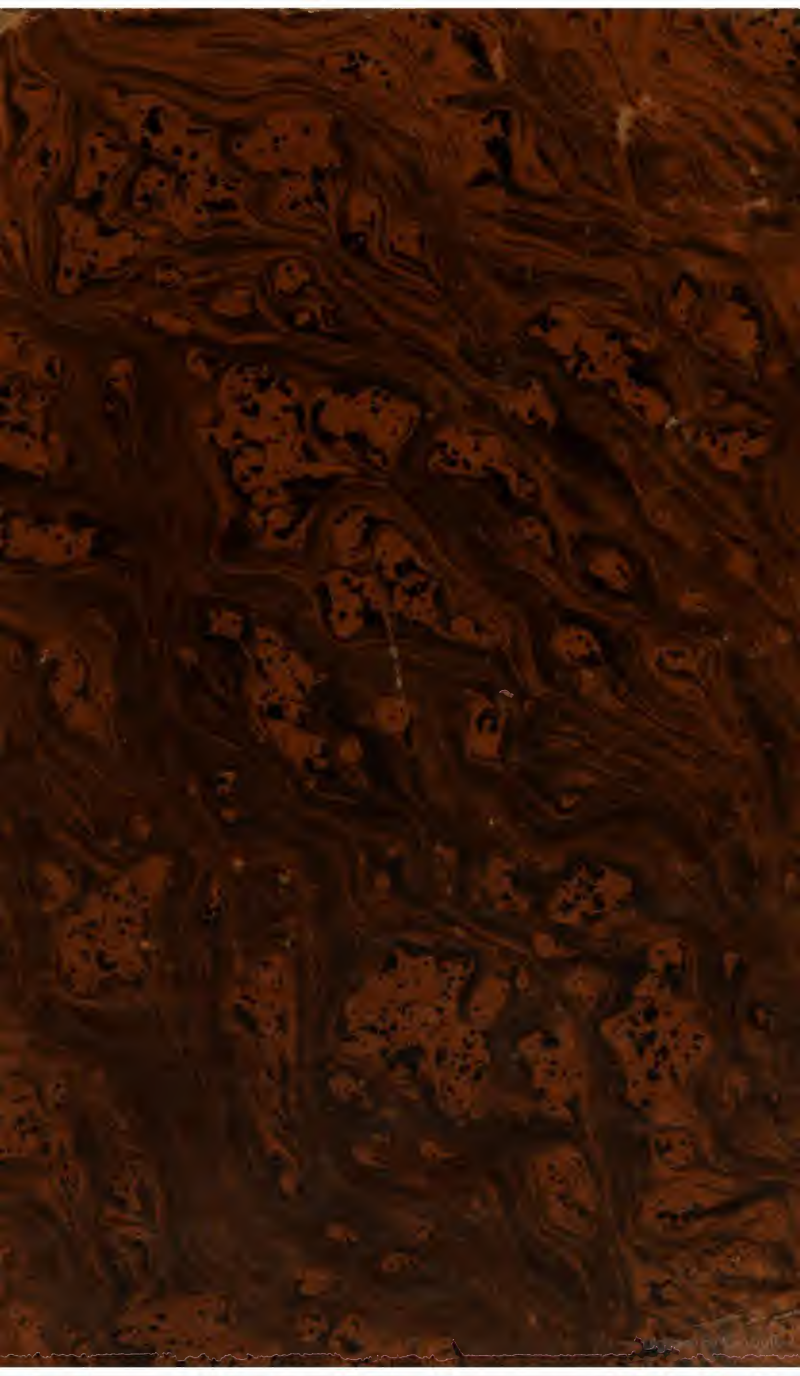


THE LIBRARY
OF
THE UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

GIFT OF

Professor
John B. Leighly

H. H. Hildebrand Jr.

Digitized by Google

Digitized by Google

Lehrbuch

der

Meteorologie

von

Ludwig Friedrich Kämtz,

Professor an der vereinigten Friedrichs-Universität zu Halle.

Pour decouvrir les lois de la nature, il faut, avant d'examiner les causes des perturbations locales, connaître l'état moyen de l'atmosphère et le type constant de ses variations.

HUMBOLDT.

Dritter Band.

Mit zwei lithographirten Tafeln.

Halle,

in der Gebauerschen Buchhandlung

1836.

Digitized by Google

LOAN STACK

GIFT

Digitized by Google

QC 860
K3
v. 3

Vorrede.

Nach einer mehrjährigen Unterbrechung übergebe ich den Lesern nun den dritten Theil dieser Arbeit. Wenige Wochen, nachdem der zweite Theil vollendet war, trat ich eine Reise nach den Alpen an, um die meteorologischen Verhältnisse der höheren Luftschichten zu studiren. Es schien mir dieses um so nöthiger, da seit dem Aufenthalte Sauſſure's auf dem Col de Géant, also seit einem halben Jahrhundert, keine ähnliche Untersuchung vorgenommen war; die erweiterten Ansichten, welche seit jener Zeit in die Wissenschaft eingeführt sind, so wie die Verbesserung mancher Instrumente und eine Berichtigung vieler damals in der Experimentalphysik aufgestellten Sätze, zu denen ich namentlich Dalton's Untersuchungen über die Dämpfe rechne, schienen eine Wiederholung dieser Arbeit wünschenswerth zu machen. Die Beobachtungen, welche seit einer Reihe von Jahren auf dem St. Bernhard gemacht werden, sind im Vergleich mit den zu Genf angestellten, zwar von manchem Gewinn für die Wissenschaft gewesen, aber sie lassen uns über viele Gegenstände ganz im Dunkel; theils ist die Zahl der täglichen Aufzeichnungen zu klein, theils wird die ganze Witterungsdisposition nur mit einem Worte angegeben.

Seit Jahren hatte ich das Bedürfniß einer solchen Arbeit gefühlt, es war mein sehnlicher Wunsch, etwas zur Aufhellung dieses Gegenstandes zu thun, aber durch den Mangel der nöthigen öconomischen Mittel wurde ich stets an der Ausführung meines Vorsatzes gehindert. Durch die Freigebigkeit Seiner Excellenz, des Freiherrn Stein zum Altenstein, ward es mir möglich, im Sommer des Jahres 1832 die schweizer Alpen zu besuchen; die Herren Gauthier in Genf, Ineichen in Luzern, Trechsel in Bern, Merian in Basel und der für die Kunde seines Vaterlandes zu früh verstorbene treffliche Horner in Zürich unterstützten mich bei meinen Untersuchungen auf eine so zuvorkommende Weise, daß meine kühnsten Er-

Digitized by Google

wartungen erfüllt wurden. Aber erst jetzt erkannte ich deutlicher, als dieses vor dem Beginne der Reise möglich war, was zu thun sey und worauf man vorzugsweise sein Augenmerk zu richten habe. Durch das Wohlwollen der Königlichen Academie der Wissenschaften zu Berlin ward ich in dem folgenden Jahre 1833 in den Stand gesetzt, eine nochmalige Reise nach der Schweiz zu machen; leider ward ich dieses Mal durch die Grippe, welche mich unterwegs überfiel und durch die darauf gewöhnlich noch lange Zeit fortdauernde Körperschwäche, verhindert, meine Untersuchungen so weit auszudehnen, als es mein ursprünglicher Plan war; nichts desto weniger blieb ich 4 Wochen auf dem Rigi-Culm und 7 Wochen auf dem Faulhorne. Das Wetter war besonders am letztern Orte fürchterlich, der Schnee fiel in solchen Massen, daß mehrmals an den Fenstern große Mengen fortgeschaufelt werden mußten, wofern das Tageslicht eindringen sollte, dabei wehten so heftige Stürme, welche den Rauch ins Zimmer zurücktrieben, daß die Thüren und Fenster bei einer Temperatur von mehreren Graden unter dem Gefrierpunkte stundenlang offen stehen mußten. So unangenehm dadurch auch der Aufenthalt wurde, so war mir doch dieses Wetter im hohen Grade lehrreich, zumal da ich im vorhergehenden Jahre fast stets heitern Himmel gehabt hatte und ich dadurch in den Stand gesetzt wurde, die Verhältnisse bei diesen beiden entgegengesetzten Zuständen des Himmels zu studiren.

So waren zwei Jahre vergangen, ohne daß es mir möglich war, an der Fortsetzung dieses Werkes zu arbeiten. Auch späterhin nahm die Bearbeitung der Tagebücher alle meine Zeit in Anspruch, zumal da ich es nöthig hielt, zur Vervollständigung meiner Arbeit eine Reihe von Zusammenstellungen anderweitiger Beobachtungen vorzunehmen. Erst als diese Untersuchung zum großen Theil vollendet war, legte ich wieder Hand an die vorliegende Arbeit, jedoch stieß ich dabei auf mancherlei Hindernisse, dergestalt, daß der Druck mehrmals unterbrochen werden mußte.

Sah ich mich schon bei den beiden früheren Bänden genöthigt, die Leser zu bitten, die vielen Mängel und die bei einem solchen Unternehmen kaum zu vermeidenden Unrichtigkeiten

Digitized by Google

wegen der vielen Schwierigkeiten mit dem Willen eine brauchbare Arbeit zu liefern, zu entschuldigen, so muß ich diese Nachsicht bei dem vorliegenden Bande in noch höherem Grade in Anspruch nehmen. Niemand wird vielleicht die Schwächen dieses Bandes so gut zu beurtheilen im Stande seyn, als ich, jedoch sind manche Umstände, Ursache derselben. Während ich in den beiden ersten Bänden Gegenstände behandelte, über welche ich zum Theil eigene Beobachtungen gemacht hatte, und deren Gesetze ich zunächst bei der Durchsicht meiner eigenen Tagebücher mehr oder minder vollständig erkannte, sind in diesem Abschnitte fast nur solche Thatsachen besprochen, über welche ich kaum etwas nach eigener Anschauung sagen konnte. Ein großer Theil der optischen Erscheinungen zeigt sich selten, so daß ich nur wenig eigene Beobachtungen zum Grunde legen konnte; dazu kommt, daß nur selten die von Andern gemachten Erfahrungen so vollständig sind, daß man sie zur Prüfung einer Hypothese gebrauchen kann, indem meistens die Angabe der Dimensionen fehlt. Ich habe bei Behandlung der Gesetze der verschiedenen Erscheinungen meistens die Arbeiten von Brandes benutzt, weil mir diese am genügendsten zu seyn schienen; besonders gilt dieses von den größeren Höfen um die leuchtenden Himmelskörper. Ganze Seiten sind fast wörtlich von ihm entlehnt. Ganz dasselbe gilt von demjenigen, was ich über die secundären Regenbögen gesagt habe; neuere Bemerkungen, namentlich von Arago, denen zufolge dieselben ein Phänomen der Interferenz zu seyn scheinen, wurden mir erst mehrere Monate nach dem Abdrucke jenes Abschnittes bekannt. In dem Abschnitte, in welchem die in unserer Atmosphäre vorkommenden fremdartigen Körper behandelt werden, habe ich besonders die Arbeiten von Chladni benutzt; bei den theoretischen Betrachtungen legte ich die Ansicht Egens zum Grunde, welche mir immer wahrscheinlicher wird, je mehr ich darüber nachdenke. Die Arbeit des zuletzt gedachten trefflichen Beobachters über den Höhenrauch erschien ebenfalls einige Zeit nachdem das darüber Gesagte bereits gedruckt war. Ob die magnetischen Erscheinungen in ein Lehrbuch der Meteorologie gehören, oder ob die Lehre vom Erdmagnetismus einen eigenen selbstständigen Theil der physischen Geographie bildet, wage

Digitized by Google

ich nicht mit Bestimmtheit zu sagen; jedoch kommen in dem Abschnitte so manche Bemerkungen vor, welche dafür zu sprechen scheinen, daß rein meteorologische Phänomene mit den Variationen des Erdmagnetismus in einiger Verbindung stehen. Deshalb schien es mir zweckmäßig, die wichtigsten Thatsachen darüber mitzutheilen. Was endlich die im letzten Abschnitte betrachteten Einwirkungen des Mondes und der Erde betrifft, so habe ich diese nur kurz berührt. Die meisten Arbeiten darüber rühren aus einer Zeit her, wo man selbst die klimatischen Verhältnisse einer Gegend noch mit großer Nachlässigkeit untersuchte, und ein Dutzend Thermometerstände für genügend zur Bestimmung derselben hielt; noch oberflächlicher wurden einzelne Variationen der Atmosphäre behandelt, und so suchte man sich auf diese Art zu helfen. Jedoch tragen die meisten hieher gehörigen Arbeiten so sehr das Gepräge der Ungründlichkeit und Einseitigkeit an sich indem fast stets nur einige günstige Erfahrungen benutzt werden, daß es mir am zweckmäßigsten schien, sie ganz zu übergehen, wofern ich nicht eine Prüfung derselben mittheilen wollte, welche ausführlicher geworden wäre, als es der Gegenstand zu verdienen scheint. Aus diesem Grunde habe ich nur wenige der hierüber aufgestellten Ansichten in der Kürze berührt. Und gesetzt auch, spätere Untersuchungen bestätigten die Einwirkung der Erde oder des Mondes, so spielen diese doch jedenfalls eine weit geringere Rolle bei der Bestimmung der Witterung, als alle früher betrachteten Modificationen, und die Betrachtung des Gegenstandes verdient daher in einem Lehrbuche der Meteorologie stets eine untergeordnete Stelle.

Halle, den 4. Mai 1836.

L. F. Kämtz.

Digitized by Google

Inhalt.

Achter Abschnitt. Von den optischen Erscheinungen der Atmosphäre . . . . . S. 1

Schwächung des Lichtes bei dem Durchgange durch die Luft S. 1. Diaphanometer von Saussure S. 2. Von einem Berge erscheinen tiefer liegende Gegenstände undeutlicher als umgekehrt S. 4. Größere Lichtstärke in den höheren Luftschichten S. 5. und Formeln zur Berechnung der Schwächung des Sonnenlichtes S. 6. Bouguer's und Lambert's Messungen S. 9. Leslie's Photometer S. 10. Herschel's Actinometer S. 14. Schwierigkeit bei Vergleichung der Versuche S. 24. Durchsichtigkeit der Luft unter verschiedenen Umständen S. 27. Erleuchtung einer Fläche durch das reflectirte Himmelslicht S. 29. Helligkeit an verschiedenen Stellen des Himmelsgewölbes S. 31. Polarisation des von der Luft reflectirten Lichtes S. 33. Blaue Farbe des Himmels S. 34. Ursache dieser Färbung S. 40. Scheinbare Gestalt des Himmelsgewölbes S. 44. Farbe der Wolken S. 48. Wasserzeichen S. 49. Dämmerung S. 50. Daraus hergeleitete Höhe der Atmosphäre S. 67. Brechung des Lichtes in der Atmosphäre S. 72. Funkeln der Sterne S. 73. Luftspiegelung S. 78. Höfe S. 88. Lichtkränze S. 92. Durchmesser der Dampfbläschen S. 96. Reflectirte Höfe S. 105. Größere Höfe S. 112. Wolken, in denen die Höfe erscheinen S. 115. Brechung in Schneekrystallen S. 117. Kreise, in deren Mittelpunkte die Sonne liegt S. 120. Durch die Sonne gehende Kreise S. 130. Nebensonnen S. 137. Berührungskreise S. 142. Regenbogen S. 151. Hauptregenbogen S. 156. Zweiter, dritter u. s. w. Regenbogen S. 159. Wiederholung der Farben S. 162. Geschichtliche Bemerkungen über den Regenbogen S. 171.

Digitized by Google

Neunter Abschnitt. Problematische Erscheinungen . . . . S. 176

Rothe oder gelbe Beimengungen des Regenwassers S. 176. Blutungen S. 176. Rother Schnee S. 180. Schwefelregen S. 188. Getreideregen S. 192. Thierregen S. 197. Höherauch S. 197. Höherauch von 1783 S. 200. Moorbrennen und daraus folgende Phänomene im nordwestlichen Deutschland S. 208. Wesen des Höhergauches von 1783 S. 212. Einfluß des Höherauches auf die Witterung S. 215. Sternschnuppen S. 219. Art der Beobachtung und Bestimmung ihrer Höhe S. 221. Resultate der Beobachtungen S. 229. Häufigkeit der Sternschnuppen S. 231. Sternschnuppen bei Tage S. 238. Ihre Zahl in verschiedenen Gegenden S. 239. Verschiedene Ansichten über das Herabfallen von Steinen S. 239. Höhe der Feuerkugeln S. 241. Ihre Bahn S. 243. Ihre Geschwindigkeit S. 244. Ihre Größe S. 245. Ihre Farbe S. 246. Ihr Zerspringen S. 247. Herabgefallene Massen S. 248. Aeußeres Ansehen der Meteorsteine S. 249. Ihre Gemengtheile S. 251. Ihre chemische Beschaffenheit S. 252. Art der Verbindung der einzelnen Elemente S. 259. Eisenmassen S. 260. Ihre innere Structur S. 262. Aufzählung der bekannten Feuerkugeln und Meteorsteine S. 263. Ihre Abhängigkeit von den Jahreszeiten S. 303. Richtung, in welcher sie ziehen S. 306. Natur der Sternschnuppen S. 307. Sternschnuppenmaterie S. 307. Vulcanische Ansicht über das Wesen der Meteorsteine S. 311. Lunarische Ansicht S. 312. Cosmische Ansicht S. 316. Atmosphärische Ansicht S. 319. Egen's Untersuchungen S. 321.

Zehnter Abschnitt. Einige Bemerkungen über den Magnetismus der Erde . . . . . — 327

Schwierigkeiten bei dieser Untersuchung S. 327. Bestimmung der Declination S. 330. Declinatorium von Coulomb S. 331, von Prony S. 331, von Poggendorff u. Gauß S. 332. Herleitung des Meridianes aus mehreren in kurzen Intervallen gemachten Beobachtungen S. 333. Bestimmung der Declination durch zwei auf einander wirkende Nadeln S. 334. Bestimmung der Neigung S. 336. Verfahren von Kupffer S. 337, von Rieß S. 338. Instrument von Gambey zur Beobachtung der täglichen Variationen der Inclination S. 343. In-

Digitized by Google

tenſität. des Erdmagnetismus S. 346. Verfahren von Hanſteen S. 346. Correction wegen der Weite der Bögen bei den Oscillationen der Magnetnadel S. 347. und wegen der Temperatur S. 352. Schwierigkeiten bei Beſtimmung der abſoluten Intenſität S. 352. Vorſchlag von Poiſſon S. 354. Verfahren von Gauß S. 355. Abweichung im Jahre 1828 S. 369. Säculare Aenderung der Abweichung S. 372. Neigungslinien S. 375. Magnetiſcher Aequator S. 376. Seine Bewegung S. 379. Intenſität des Erdmagnetismus S. 382. Iſodynamiſche Linien S. 382. Hanſteen's zwei magnetiſche Axen S. 389. Analogie zwiſchen Temperatur und Magnetismus der Erde S. 392. Moſer's Unterſuchungen S. 393. Temperatur beider Halbkugeln der Erde S. 400. Tägliche Variationen der Declination S. 401. Die Bewegungen des Nordpoles ſind in beiden Halbkugeln entgegengeſetzt S. 405. Herleitung der mittlern Declination aus wenigen am Tage gemachten Beobachtungen S. 406. Einfluß der Jahreszeiten auf die täglichen Schwankungen S. 407. Herleitung der mittlern Declination aus den beiden Extremen in den verſchiedenen Monaten S. 416. Unterſchied der Extreme in verſchiedenen Jahreszeiten S. 417. Mittlere Abweichung in verſchiedenen Jahreszeiten S. 420. Variationen der Neigung S. 426. und der Intenſität S. 427. Hypotheſen über die Urſache dieſer Variationen S. 430. Relation zwiſchen den magnetiſchen und meteorologiſchen Phänomenen S. 439. Einfluß der Winde auf die Abweichung der Magnetnadel S. 440. Nordlicht S. 446. Dunkles Segment S. 447. Durchſichtigkeit deſſelben S. 449. Sein höchſter Punkt liegt im magnetiſchen Meridiane S. 451. Heller Bogen S. 453. Unruhige Bewegungen deſſelben S. 456. Anſehen der Nordlichter in den Polargegenden von Nordamerica S. 460. Concentriſche Bögen S. 462. Nordlichtskrone und ihre Lage in der verlängerten Neigungsnadel S. 462. Schwarze Nordlichtsſtrahlen S. 463. Die Nordlichter ſind oft gleichzeitig auf einem großen Theile der Erde ſichtbar S. 465. Gleichzeitigkeit von Nord- und Südlichtern S. 466. Abhängigkeit der Nordlichter von den Jahreszeiten S. 467. Säcularperiode der Nordlichter S. 469. Höhe der Nordlichter S. 470. Einige Nordlichter liegen in der Region der Wolken S. 473. Geräuſch beim Nordlicht S. 478. Zuſammenhang mit der Witterung S. 482. Es ſcheint, als ob

Digitized by Google

bedeutende Temperaturdifferenzen zwischen entfernten Orten mit dem Polarlichte in Verbindung stehen S. 486. Zusammenhang der Nordlichter mit der Bewölkung S. 488. mit Sternschnuppen S. 491. Electricität der Nordlichter S. 492. Zusammenhang mit dem Magnetismus S. 494. Hypothesen über das Nordlicht S. 505. Einfluß der Erdbeben auf die Magnetnadel S. 518. Jährliche Periode der Nordlichter S. 519. Säcularveränderungen der Magnetnadel S. 520. Temperatur der Erde in früheren und jetzigen Zeiten S. 523.

Eilfter Abschnitt. Einwirkung der Erde und der übrigen Himmelskörper auf die Witterung . . . . . S. 530

Athmen der Erde S. 532. Zusammenhang vulcanischer Phänomene mit der Witterung S. 535. Einwirkung des Mondes auf die Witterung S. 541.

Ach=

Digitized by Google

Achter Abschnitt.

Von den optischen Erscheinungen in der Atmosphäre.

Die atmosphärische Luft gehört zu den durchsichtigsten Körpern, welche wir kennen; wofern es heiter ist und keine Nebel oder ähnliche Körper sich in der Atmosphäre vorfinden, können wir Gegenstände sehr weit sehen, hohe Berge verschwinden erst dann, wenn sie unter unsern Horizont treten. Ungeachtet der geringen Schwächung, welche die Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange durch die Atmosphäre erleiden, ist letztere kein vollkommen durchsichtiger Körper. Wäre dieses nämlich der Fall, so müßte das scheinbare Himmelsgewölbe vollkommen dunkel seyn, und die Sonne, so wie während der Nacht der Mond, müßten dann als helle Scheiben erscheinen; es müßte allenthalben, wohin die Sonne nicht scheint, und wohin kein Licht von erleuchteten terrestrischen Gegenständen reflectirt werden kann, vollkommene Dunkelheit herrschen und mit dem Untergange der Sonne plötzlich völlige Finsterniß eintreten. Da alles dieses nicht geschieht, so müssen wir nothwendig annehmen, daß die Theilchen der atmosphärischen Luft einen Theil des auffallenden Lichtes verschlucken, einen andern reflectiren und dadurch nicht blos die Erleuchtung des Himmelsgewölbes, sondern auch der nicht direct von der Sonne beschienenen Stellen verursachen und den allmähligen Uebergang vom hellen Tageslichte zu der Finsterniß der Nacht bedingen.

Beweise dieser Schwächung des Lichtes geben uns auch terrestrische Gegenstände. Entfernen wir uns von ihnen, so erscheinen sie uns immer undeutlicher und verworrener, so daß wir zuletzt nicht mehr im Stande sind, sie zu erkennen. Mit der Entfernung wird allerdings der scheinbare Durchmesser dieser Gegen-

stände, also der Gesichtswinkel kleiner, und schon aus diesem Grunde müßten uns entfernte Gegenstände verschwinden. Doch ist es nicht blos die scheinbare Größe, welche zu diesem Verschwinden beiträgt, sondern auch die Schwächung der Lichtstrahlen. Wollte man hier keine Schwächung zugeben, so müßte ein entfernter Gegenstand uns stets mit derselben Klarheit erscheinen, und ähnliche, auf dieselbe Art erleuchtete Körper müßten bei demselben Gesichtswinkel verschwinden; beides ist jedoch nicht der Fall.

Um diese Schwächung des von terrestrischen Gegenständen kommenden Lichtes zu bestimmen, ist das Diaphanometer von Saussure eine genaue Vorrichtung [1]). Saussure malte schwarze Kreise von verschiedenem Durchmesser auf weißen Grund und entfernte sich nach und nach von ihnen, bis er den Punkt auffand, wo jeder dieser Kreise verschwand. Den Moment dieses Verschwindens konnte er am leichtesten dann beobachten, wenn der schwarze Kreis in der Mitte eines weißen Kreises von solchen Dimensionen befestigt wurde, daß die Breite des weißen Ringes gleich dem Durchmesser der schwarzen Scheibe war. Das Ganze wurde dann von einem grünen Felde umgeben. Um die Schwächung des Lichtes zu verschiedenen Zeiten zu bestimmen, genügt es, zwei solcher Scheiben anzuwenden, in denen die schwarzen Kreise die Durchmesser von zwei Zoll und zwei Fuß haben. Beide Vorrichtungen werden nun dergestalt neben einander aufgestellt, daß sie auf dieselbe Art erleuchtet werden, und man entfernt sich so weit, daß man eben die Kreise nicht mehr sieht. Um diesen Moment mit Schärfe zu bestimmen, darf man die Kreise nicht immer scharf ansehen; verschwinden sie, so muß man das Auge einige Zeit auf einen dunkleren Gegenstand richten, und wenn sie nun nicht wieder erscheinen, so kann man annehmen, daß sie wirklich verschwunden seyen.

Die Durchmesser der schwarzen Scheiben bilden hier Tangenten von Kreisen, deren Halbmesser gleich ihren Entfernungen vom Auge sind, und der Gesichtswinkel läßt sich darnach bestimmen. Wäre die Luft ein vollkommen durchsichtiger Körper, so müßten die Gegenstände bei demselben Gesichtswinkel verschwinden, und da letzterer so klein ist, daß wir Bogen und Tangente

1) Mém. de Turin IV, 425 — 440.

als zusammenfallend annehmen können, so müßten sich die Entfernungen, wo ähnliche, auf dieselbe Art erleuchtete Körper verschwinden, umgekehrt verhalten wie die Durchmesser. Jedoch war nach den Erfahrungen von Saussure die Entfernung, in welcher die größere Scheibe verschwand, kleiner, als sie nach diesem Gesetze hätte seyn sollen. Eine Scheibe von 2 Zoll Durchmesser verschwand bei einer Entfernung von 314 Fuß; eine zweite von 2 Fuß Durchmesser in der Entfernung von 3588 Fuß. Hier sollte sich 314 : 3588 wie 1 : 12 verhalten, das Verhältniß ist aber 1 : 11,427, das von dem entfernteren Gegenstande zum Auge gelangende gesammte Licht ist also $\frac{11,427}{12} = 0,9523$, wenn das Licht noch durch die Entfernung von 3588 — 314 = 3274 Fuß geht.

Soll hieraus die Schwächung des Lichtes in irgend einer Entfernung berechnet werden, so läßt sich dieses leicht auf folgende Art bewerkstelligen [2]). Die einfachste Hypothese, welche wir über Schwächung des Lichtes in einem homogenen Mittel aufstellen können, ist die Annahme, daß für jede gleich große Dicke des durchlaufenen Mittels ein gleicher aliquoter Theil des zu ihm gelangenden Lichtes verschluckt werde. Es sey demnach der Lichtverlust $\frac{1}{n}$ des ankommenden Lichtes, s der durchlaufene Weg und v die noch vorhandene Lichtmenge, so ist

$$dv = -\frac{1}{n} v \,.\, ds$$

also $$\log. \frac{A}{v} = \frac{1}{n} \,.\, s$$

wo A eine durch Versuche zu bestimmende Constante ist. Wenn also die Lichtstärke = a für s = 0, so ist

$$\log. \frac{a}{v} = \frac{1}{n} s$$

oder $$v = a \,.\, e^{-\frac{1}{n} s}$$

wo e die Basis der natürlichen Logarithmen ist.

2) Lambert Photometria §. 466. Herschel vom Licht, übers. von Schmidt §. 488. Brandes in Gehler's Wörterbuch Bd. II. S. 706.

In dem vorliegenden Beispiele ist $v = 0{,}9523$; $s = 3274$,

wir haben also $0{,}9523 = e^{\frac{-3274}{n}}$

daraus $n = 66980$.

Nehmen wir die Entfernung gleich 24500 Fuß, eine Höhe, welche die Atmosphäre erreichen würde, wofern sie allenthalben dieselbe Dichtigkeit als an der Oberfläche des Meeres hätte, so würde

$$v = a \cdot e^{\frac{-24500}{66980}} = 0{,}6937 \cdot a$$

und es wäre mithin die Intensität des senkrecht auf die Atmosphäre fallenden und bis zur Oberfläche gelangenden Lichtes 0,6937, wenn das von einem Gestirne zu der Gränze der Atmosphäre kommende als Einheit angesehen wird [3]).

Die Entfernung, bei welcher verschiedene Gegenstände verschwinden, hängt außer dem Gesichtswinkel vorzugsweise von ihrer Helligkeit ab und dem Contraste, welchen diese mit der Erleuchtung der umgebenden Körper bildet. Daher erscheinen uns die Sterne auf dem dunkeln Himmelsgewölbe ungeachtet der Kleinheit ihres scheinbaren Durchmessers so scharf. Aehnliche Thatsachen können wir bei terrestrischen Gegenständen bemerken. Nur mit Mühe vermögen wir es, einen entfernten Menschen zu unterscheiden, in dessen Hintergrunde sich Felder oder andere dunkle Flächen befinden, er erscheint uns dagegen mit großer Klarheit und Deutlichkeit, wofern er auf einen Berggipfel steigt, so daß der helle Himmel den Hintergrund bildet. Dieser Einfluß des Hintergrundes giebt besonders in Gebirgsgegenden zu mancher Täuschung Veranlassung. Während an schönen Tagen z. B. die Alpenkette mit allen ihren Umrissen in großer Klarheit aus bedeutender Ferne sichtbar ist, läßt sich von einer Höhe aus kaum ein Gegenstand in der Tiefe erkennen. Saussure, Schultes und viele andere Reisende haben darüber gesprochen, so daß ich es für unnöthig halte, Beispiele dieser Thatsache anzuführen. Selbst in mittleren Höhen kann man die Erscheinung häufig wahrnehmen. Als ich im August und September 1832 bei schönem, fast anhaltend heiterem Wetter auf dem Faulhorne im Berner Ober-

3) Brandes in Gehler's Wörterbuch Bd. II, 710.

lande wohnte, sah ich mit großer Schärfe die südlich liegende Bergkette, dagegen war nach der Tiefe hin wenig zu erkennen; alles was jenseits des Brienzer-Sees lag, war mit einem dunkeln Schleier bedeckt; nur die Spitzen des Pilatus und selbst in großer Ferne die Höhen des Schwarzwaldes und der Vogesen waren sichtbar, dagegen von Punkten in der Ebene zwischen Jura und Alpen nichts zu erkennen; nur mit Mühe erkannte ich bei sehr durchsichtiger Luft einige Male durch ein Fernrohr die Lage von Bern, und doch kann man von hier aus den Gipfel des Faulhornes mit Leichtigkeit unterscheiden.

Es ist der Contrast der Beleuchtung die Ursache dieses Gegensatzes, ohne daß man sich genöthigt sieht, mit Hugi [4]) tiefere Ursachen aufzusuchen. Während die dunkeln Berge einen großen Gegensatz gegen den hellen Himmelsraum bilden, haben die Gegenstände in der Ebene eine dunkle, meistens grüne Farbe, und daher hebt sich schon bei geringer Entfernung der einzelne Körper nicht mehr hinreichend deutlich aus der Gesammtmasse hervor.

Aus dieser Schwächung des Lichtes bei seinem Durchgange durch die Atmosphäre folgt von selbst, daß seine Stärke in höheren Luftschichten weit größer seyn müsse, als in der Tiefe. Man erkennt dieses besonders aus den Wirkungen des Sonnenlichtes. Selbst bei niedrigen Temperaturen ist die Hitze in der Sonne auf höheren Bergen stets drückend, und eben dieses erkennt man an den durch das Sonnenlicht hervorgebrachten chemischen Aenderungen. Sauſſure, welcher hierüber eine Reihe von Versuchen auf dem Col du Géant anstellte [5]), nahm gefärbte Bänder, deren eine Hälfte er von 10½ Uhr Morgens bis 1½ Uhr Abends den Strahlen der Sonne aussetzte, während die andere Hälfte von einem undurchsichtigen Körper bedeckt wurde. Allenthalben zeigte sich eine Entfärbung der von der Sonne beschienenen Hälfte, aber schon in Chamouni war dieselbe weit schwächer: ein Beweis von der geringeren Wirksamkeit. Um dieses Verhältniß annähernd zu bestimmen, entfernte er sich so weit von jedem Bande, daß er den Unterschied in der Dunkelheit der Färbung beider Hälften nicht mehr zu erkennen vermochte; gleichzeitig bestimmte er den

4) Hugi naturhistorische Alpenreise S. 190.

5) Mem. de Turin IV, 441 — 453.

Durchmesser des Kreises, welcher in seinem Diaphanometer in derselben Entfernung verschwand. Dadurch erhielt er folgende Größen:

	Chamouni.	Col du Géant.
Blasses rosenrothes Band . .	2‴,45	2‴,73
Lebhaft rosenrothes Band . .	6,43	8,86
Violettes Band	0,61	2,05
Grünes Papier	1,43	7,68
Himmelblaues Papier	0,61	0,61
Holz des gemeinen Sauerdornes [6])	5,46	9,11

Mit Ausnahme des himmelblauen Papiers, welches nur eine geringe Aenderung erlitten hatte, finden wir, daß die Distanzen, bis zu denen man sich entfernen mußte, um die Entfärbung nicht mehr wahrzunehmen, für die in der Höhe gebleichten Bänder weit bedeutender waren, als in der Tiefe: ein hinreichender Beweis, daß dort die Intensität des Sonnenlichtes viel stärker war, als hier.

Wäre die Atmosphäre eine Kugel, in deren Mittelpunkte wir uns befänden, so wäre der Weg, welchen ein Lichtstrahl durch sie zurücklegt, stets derselbe, in welcher Höhe sich das Gestirn auch befinden möge. Da indessen der Mittelpunkt der Atmosphäre mit dem der Erde zusammenfällt, so wird die Zahl der Hindernisse, welche der von einem Sterne kommende Strahl auf seinem Wege zu uns trifft, desto größer, je geringer seine Höhe über dem Horizonte ist; wir müssen daher alle Beobachtungen über die Schwächung des Lichtes auf dieselbe Höhe reduciren; dabei ist es am zweckmäßigsten den Lichtverlust zu bestimmen, welchen ein Strahl erleidet, der von einem im Zenith stehenden Sterne zu uns gelangt. Um diese Reduction mit Sicherheit vorzunehmen, würde eine genaue Kenntniß von der Höhe der Atmosphäre erforderlich seyn; da uns diese jedoch abgeht, so müssen wir uns einer Annäherung bedienen. Lambert [7]) hat dazu folgenden Weg vorgeschlagen. Es sey AE (Taf. I. Fig. 1.) die Oberfläche der Erde, C ihr Mittelpunkt, AB die Höhe der das Licht schwächenden Luftschicht, PMpm die Dicke einer dünnen Luftschicht, und DMA die

6) Bois d'épine-vinette (Berberis vulgaris, Linné).

7) Lambert Photometria §. 878.

Richtung des einfallenden Strahles, die wir geradlinig annehmen wollen. Es sey ferner der Halbmesser der Erde CA = 1, der vom Lichte zu durchlaufende Weg x, die Summe der Hindernisse, welche das Licht schwächen, gleich δ, die Stärke des in M ankommenden Lichtes gleich v, der Zenithabstand BAD = γ und die Höhe der Luftschicht EM = y, so ist

$$\cos\gamma + x = \sqrt{(\cos^2\gamma + 2y + y^2)}$$

$$dx = \frac{(1+y)\,dy}{\sqrt{(\cos^2\gamma + 2y + y^2)}} = \frac{z\,dz}{\sqrt{(\cos^2\gamma + z^2)}}$$

indem wir $2y + y^2 = z^2$ setzen. Da nun die Schwächung des Lichtes durch die Gleichung

$$-\log v = \int \delta\, dx$$

ausgedrückt wird, so erhalten wir

$$-\log . v = \int \frac{\delta z dz}{\sqrt{(\cos^2\gamma + z^2)}}.$$

Setzen wir CM = r, so ist $r^2 = 1 + 2y + y^2 = 1 + z^2$, folglich wird

$$-\log . v = \int \frac{\delta . dz . \sec.\gamma}{\sqrt{(r^2 + z^2 . \tang^2\gamma)}}.$$

Verwandeln wir die Größe unter dem Integralzeichen in eine Reihe, so wird

$$-\log . v = \sec.\gamma \int \frac{\delta . z . dz}{r} - \frac{\sec.\gamma . \tang^2.\gamma}{2} \int \frac{\delta . z^3 dz}{r^3}$$
$$+ \frac{1.3.\sec.\gamma . \tang^4.\gamma}{2.4} \int \frac{\delta . z^5 dz}{r^5} - \ldots\ldots$$

Da wir die Schwächung des Lichtes in der ganzen Atmosphäre suchen, so können wir die einzelnen Integrale als Coefficienten ansehen, ohne uns um die Werthe von δ und z zu bekümmern. Setzen wir daher

$$\int \frac{\delta . z . dz}{r} = A, \int \frac{\delta . z . {}^3 dz}{r^3} = B \ldots.$$

so wird

$$-\log . v = A \sec . \gamma - \tfrac{1}{2} B \sec . \gamma . \tang^2 . \gamma$$
$$+ \frac{1.3}{2.4} C \sec.\gamma \tang^4\gamma - \frac{1.3.5}{2.4.6} D \sec.\gamma . \tang^6\gamma + \ldots.$$

Digitized by Google

Diese Reihe ist im hohen Grade convergent, da die Höhe der Atmosphäre kleiner als $\frac{1}{30}$ des Erdhalbmessers ist, und sie convergirt daher schneller als eine geometrische Reihe, deren Exponent $\frac{1}{30}$ ist. Ist also der Zenithabstand des Gestirnes nicht größer als 80°, so können wir der Kürze halber setzen

$$-\log v = A.\sec.\gamma.$$

In diesem Ausdrucke hängt der Coefficient A von der Höhe und von der Durchsichtigkeit der Atmosphäre ab; um ihn zu bestimmen, müßte das Verhältniß 1 : v bekannt seyn; da dieses nicht der Fall ist, so wendet Lambert folgendes Verfahren an. Die Stärke des aus DA kommenden Lichtes sey v, die des aus FA kommenden sey v_1, ferner Winkel BAD $= \gamma$ und FAD $= \gamma_1$, so wird

$$-\log . v = A \sec. \gamma$$

$$-\log . v_1 = A \sec. \gamma_1$$

folglich $$A = \frac{\log . v_1 - \log . v}{\sec. \gamma - \sec. \gamma_1}$$

Es läßt sich also der Verlust berechnen, wenn wir das Verhältniß der Intensitäten in zwei Zenithabständen des Gestirnes mit einander vergleichen. Stände der Stern im Zenith, so wäre

$$-\log . v = A$$

und die Menge der verloren gegangenen Strahlen wäre mithin $1 - v$, wenn die Zahl der ursprünglich zur Atmosphäre gelangenden als Einheit angesehen wird.

Für Zenithabstände, welche größer sind als 80°, muß man mehrere Glieder der obigen Reihe anwenden. Man könnte diese sogleich direct berechnen, indem man eben so viele Beobachtungen nimmt, als Coefficienten verlangt werden; zweckmäßiger aber ist es nach Lambert zuerst aus zwei Beobachtungen den Werth von A zu bestimmen, darauf vermittelst einer dritten in geringerer Höhe angestellten Beobachtung und des schon bekannten A den Werth von B zu berechnen. Man kann auch mit Laplace [8]) auf eine andere Art zum Ziele gelangen. Ist nämlich v die Lichtstärke eines tief stehenden Sternes, so können wir annehmen, es sey der Weg und die Summe der Hindernisse proportional mit

8) Laplace Mec. cél. IV, 282.

Digitized by Google

der astronomischen Strahlenbrechung, dividirt durch den Cosinus des Zenithabstandes, wir erhalten also

$$-\log . v = H . \frac{R}{\cos \vartheta}$$

wo R die Strahlenbrechung für den Zenithabstand ϑ, H aber ein constanter Coefficient ist. Setzen wir

$$-\log . v = H . b$$

$$-\log . v_1 = H . b_1$$

so wird

$$H = \frac{\log . v - \log . v_1}{b_1 - b}$$

Das Schwierigste bei dieser ganzen Untersuchung besteht in der Vergleichung der Lichtstärke eines Gestirnes in verschiedenen Höhen. Wollen wir uns z. B. der Sonne bedienen, so würde es am besten seyn, die Erleuchtung einer Fläche in verschiedenen Höhen zu messen; um dieses aber zu erreichen, würde erforderlich seyn, daß wir durch Concav-Linsen das in ein finsteres Zimmer fallende Licht im hohen Grade zerstreuten, um einen Vergleich mit Kerzenlicht anzustellen. Diese Vergleichung ist indessen im hohen Grade schwierig und erfordert viele Zeit, weshalb sie nicht so beschaffen ist, daß sie bei meteorologischen Beobachtungen angewendet werden kann. Bouguer, welcher einige Messungen dieser Art vorgenommen hat, beschränkte sich deshalb bei vorliegender Untersuchung auf die Vergleichung des vom Monde zu uns gelangenden Lichtes mit dem Kerzenlichte[9]). Am 23sten November 1725 fand er das Verhältniß der Lichtstärke in den Höhen von 66° 11′ und 19° 16′ wie 8500 zu 1861; berührte der Mond mit seinem untern Rande den Meereshorizont, so war seine Lichtstärke etwa 2000 Mal geringer als in der Höhe von 66° 11′, jedoch zeigten sie bei dieser geringen Höhe sehr viele Schwankungen. Leiten wir aus den beiden ersten Erfahrungen den constanten Coefficienten her, so wird

$$-\log . v = 0{,}088957 . \sec . \gamma$$

also für $\gamma = 0$ wird $v = 0{,}8148$, und es geht deshalb von dem senkrecht einfallenden Lichte nahe $\frac{1}{5}$ verloren.

9) Bougueri Optice de diversis luminis gradibus dimetiendis. 4. Viennae 1762. p. 38.

Auf eine etwas abweichende Art bestimmte Lambert[10]) diese Größe. Er legte ein Thermometer in die Sonne und ein anderes daneben in den Schatten; nachdem beide mehrere Stunden in dieser Lage gewesen waren, suchte er ihren Unterschied auf und setzte diesen proportional mit der Wirkung des Sonnenlichtes. So fand er am 17ten Mai 1756 zu Chur in Graubünden folgende Differenzen zwischen beiden Thermometern

Sonnenhöhe	Unterschied
60°	15°,8
50	14,6
40	12,8
30	10,0

In der Photometrie leitet Lambert aus diesen Größen die Gleichung

$$-\log . v = 0{,}229148 . \sec . \gamma$$

her und es kommen also von 100 Strahlen eines im Zenith stehenden Gestirnes nur 59 zur Oberfläche der Erde, es geht also nahe $\frac{2}{5}$ aller Strahlen verloren.

Die Beobachtungen dieser Art werden erleichtert durch das Photometer von Leslie[11]). Bei dem gewöhnlichen Differentialthermometer wird die eine Kugel mit schwarzer Tusche überzogen, oder noch besser von schwarzem Email geblasen, während die andere aus gewöhnlichem durchsichtigen Glase besteht. Wird dieses Instrument den Strahlen der Sonne ausgesetzt, so werden diese von dem schwarzen Glase absorbirt, die schwarze Kugel stärker erwärmt als die durchsichtige, und zwar desto mehr, je lebhafter die Sonne wirkt. Die Verrückung der Säule in der trennenden Röhre wird dann als der Wirkung der Sonne proportional angesehen. Wendet man dieses Instrument an, so findet man, daß es in freier Luft unaufhörlich schwankt; schwache Winde nehmen der schwarzen Kugel einen Theil ihrer überschüssigen Wärme, und so folgt sogleich eine Erkaltung. Um dieses zu vermeiden, muß

10) Lambert Pyrometrie §. 283 und Lambert Photometria §. 886.

11) John Leslie kurzer Bericht von Versuchen und Instrumenten, die sich auf das Verhalten der Luft zu Wärme und Feuchtigkeit beziehen. 8. Leipzig 1823. S. 58.

Digitized by Google

man das Instrument unter eine Glasglocke setzen. Werden die Beobachtungen im Freien gemacht, so wirkt nicht blos die Sonne, sondern auch das zerstreute Himmelslicht auf seine Angaben; um jene Wirkung isolirt darzustellen, muß man das Instrument so lange beschatten, bis es einen stationären Stand erhalten hat; der Unterschied beider Angaben zeigt dann die Wirkung der Sonne.

Nach der Ansicht von Leslie[12]) zeigt dieses Photometer genau die Zunahme der Erleuchtung von der Morgendämmerung bis zur völligen Mittagshelle und dann ihre Abnahme bis der Abend seine Schatten verbreitet; es läßt die Zunahme des Lichtes von dem Wintersolstitium bis zur Mitte des Sommers und seine Abnahme im Laufe der trüben Herbsttage wahrnehmen; es setzt uns in den Stand, in genauen Zahlen die Helligkeit in verschiedenen Gegenden zu vergleichen, z. B. den glänzenden Himmel Italiens mit der Nebelluft in Holland. Nach den Beobachtungen Leslie's beträgt die directe Wirkung der Sonne um Mittag in Edinburg um das Sommersolstitium 90°; sie nimmt aber regelmäßig ab, so wie die Strahlen in eine schiefere Richtung kommen; in der Höhe von 17° beträgt sie nur noch die Hälfte, und bei 3° über den Horizont nur noch 1°. Unter derselben Breite beträgt die größte Kraft der Sonnenstrahlen im tiefsten Winter nur 25°. Diese Verminderung der Stärke des Lichtes rührt offenbar von Zerstreuung und Verschluckung der Lichtstrahlen, während sie so weit durch die Atmosphäre fortgehen, her. Wenn die Sonnenstrahlen senkrecht gegen die Erdoberfläche herabkommen, so geht $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ ihres ganzen Lichtes verloren; aber in unserm Insel-Klima umgiebt selbst beim schönsten Wetter fast immer ein dünner Dunst den Horizont und der allmählige Verlust, den sehr schief einfallende Lichtstrahlen für eine gleiche Anzahl von Lufttheilchen, denen sie in ihrem Laufe begegnen, erleiden, kann oft bis auf das Dreifache steigen.

Ich habe diese Bemerkungen von Leslie deshalb ausführlich mitgetheilt, weil sie die große Verschiedenheit in der Wirkung der Sonne bei ungleicher Höhe der letztern zeigen; so sehr aber auch der Erfinder des Instrumentes seinen Werth hervorhebt, und so bequem dasselbe bei vielen Untersuchungen ist, so verdient es

12) Das. S. 60.

Digitized by Google

doch nach der richtigen Bemerkung von W. Ritchie[13]) nur den Namen eines Photoskopes, da die bei verschiedener Höhe der Sonne gemachten Beobachtungen nicht comparabel sind. Die Glasglocke, durch welche das Instrument gegen Luftströmungen geschützt wird, hat an verschiedenen Stellen der Wölbung, in deren Nähe sich die Kugeln befinden, eine ungleiche Dicke, und die Menge des hindurchgegangenen Lichtes ändert sich mit der Höhe der Sonne; eben dieses gilt von den Strahlen, die von den inneren Wänden der Glocke gegen die Kugeln reflectirt werden. Eben so ist es gewiß, daß die Glasdicke in den Kugeln des Photometers sehr ungleich ist; wenn daher die Strahlen von der tief stehenden Sonne zum Instrumente gelangen, so gehen sie mit Leichtigkeit durch den obern dünnen Theil der durchsichtigen Kugel, während sie bei hohem Stande der Sonne von dem dickern Glase in der Nähe der Röhre verschluckt werden. Da diese Ungleichheiten in der Glasdicke bei der Verfertigung des Instrumentes nicht zu vermeiden sind, so folgt, daß nicht blos verschiedene Instrumente unter denselben Umständen einen abweichenden Gang befolgen werden, sondern daß selbst dasselbe Photometer Aenderungen in der Stärke des Sonnenlichtes angiebt, welche nicht genau den stattfindenden Differenzen von diesem entsprechen.

Wenn gleich dieses Photometer nicht allen Forderungen entspricht, die an dasselbe gemacht werden können, so muß es dennoch nach den Bemerkungen von Ritchie als ein sehr sinnreiches und elegantes Instrument angesehen werden. Ich habe mit demselben unter verschiedenen Umständen Beobachtungen gemacht, und mit Vergnügen habe ich häufig bemerkt, wie Aenderungen in dem Ansehen des Himmels sich an demselben erkennen ließen, lange bevor das bloße Auge diese wahrzunehmen im Stande war. Unter den vielen Beobachtungen, welche ich an heiteren Tagen anstellte, will ich hier einige auswählen. Am 17ten Julius 1825, bei sehr heiterm Himmel, erhielt ich die folgenden zusammengehörigen Größen:

Sonnenhöhe	54° 50′,	Photometer	28°,47
	31. 56		27,05
	21. 1		20,47

13) Edinb. Journ. of Sc. III, 106.

Digitized by Google

Um hier die Angaben des Photometers zu erhalten, beobachtete ich während einer Zeit von etwa 10 Minuten so oft, als das Instrument nach jeder Beschattung einen stationären Stand erhielt, und nahm das arithmetische Mittel der so gefundenen Größen. Leiten wir aus dieser Tafel die Constante des oben gegebenen Ausdruckes her, so wird

$$-\log . v = 0{,}09155 \sec . \gamma$$

Diese Größe weicht wenig von der Bestimmung Bouguer's ab; es gelangen von 100 senkrecht auf die Atmosphäre fallenden Strahlen 81 zur Oberfläche, es gehen also 19, nahe $\frac{1}{5}$ verloren.

Am 18ten Julius 1825 fand ich folgende Größen:

Sonnenhöhe	Photometer
59° 17′	27°,14
43. 46	25,67
18. 17	14,26
6. 52	8,11
5. 39	6,06

Wird die erste dieser Messungen mit der zweiten und sodann mit der dritten zusammengestellt, so ergiebt sich im Mittel

$$-\log v = 0{,}11173 \sec . \gamma$$

Dieser Ausdruck läßt sich jedoch nicht mehr auf die beiden letzten Beobachtungen anwenden, da hier wegen der Krümmung der Atmosphäre der Weg nicht mehr proportional mit $\sec . \gamma$ ist. Um auch bei so großen Zenithabständen die Schwächung zu berechnen, sehen wir uns genöthigt, mehrere Glieder der allgemeinen Reihe

$$-\log . v = A \sec . \gamma - \tfrac{1}{2} B \sec . \gamma \tan g^2 \gamma + \frac{1.3}{2.4} C . \sec . \gamma \tan g^4 \ldots ;$$

anzuwenden. Um dieses zu thun ist es am bequemsten, den eben erhaltenen Werth von A als naturgemäß anzusehen, und mit Hülfe der ersten und der beiden letzten Beobachtungen den Werth von B zu berechnen [14]). Dadurch wird

$$-\log . v = 0{,}11173 \sec . \gamma - 0{,}0002091 \frac{\tan g .^3 \gamma}{\sin \gamma}$$

Die eben angeführten Beobachtungen wurden in Halle bei einem Barometerstande von etwa 28″ angestellt. Da das In-

14) Lambert Photometria §. 887.

strument nicht so aufgestellt war, daß die vom ganzen Himmelsgewölbe kommenden Strahlen darauf einwirken konnten, so habe ich nicht die Wirkung der letzteren bestimmen können. Ich habe jedoch auch eine Menge von Messungen im Freien gemacht; wurde dann das Photometer dergestalt beschattet, daß nur das directe Sonnenlicht von den Kugeln abgehalten wurde, so gab der Unterschied zwischen dem nun gefundenen Stande und demjenigen, welchen das Photometer bei vollkommener Finsterniß zeigte, die Wirkung des zerstreuten Himmelslichtes. Am 12ten September 1832 stellte ich mehrere Messungen auf der Spitze des Faulhornes im Berner Oberlande in einer Höhe von etwa 8200 Fuß an. Der Himmel war ungemein schön, durchaus keine Spur von Wolken war sichtbar, das Blau der Atmosphäre sehr tief und entfernte Bergspitzen traten mit einer Klarheit hervor, wie ich sie selten in der Folge beobachtet habe. Ich fand folgende zusammengehörige Größen:

Sonnenhöhe	directes Sonnenlicht	zerstreutes Himmelslicht
47° 12′	40°,5	38°,5
36. 0	35,0	34,1
28. 43	30,9	34,7
17. 38	20,7	29,8
6. 55	17,3	17,9

Durch die Combination der ersten vier Beobachtungen unter einander ergiebt sich im Mittel

$$-\log . v = 0{,}15305 . \sec . \gamma$$

und von 100 senkrecht auf die Atmosphäre fallenden Strahlen gelangen nur 70 bis zur Oberfläche des Faulhornes, eine Größe, die unter so günstigen Umständen bei einem Barometerstande von etwa 20″ sehr unbedeutend ist. Wenn auch diese Bestimmung des Lichtverlustes nicht ganz naturgemäß ist, so erkennen wir doch auch hier nicht blos die geringere Größe in den Angaben des Photometers bei tieferem Stande der Sonne, sondern wir sehen auch zugleich, wie das reflectirte Licht ebenfalls mit der Sonnenhöhe abnimmt.

Schon früher [15]) habe ich des von Saussure construirten Heliothermometers gedacht, und bemerkt, daß der Erfinder sich

15) Bd. II. S. 128.

Digitized by Google

dieses Instrumentes bediente, um den Unterschied in der Stärke des Sonnenlichtes auf Bergen und in Thälern zu beobachten. Ein ähnliches Verfahren hat J. F. W. Herschel angewendet, nur bediente er sich eines Thermometers, dessen Grade sehr groß waren. Er hat, soviel mir bekannt ist, seine Beobachtungsmethode noch nirgends öffentlich beschrieben, jedoch schon im Jahre 1825 theilte Ritchie[16]) die Idee, welche dabei zu Grunde liegt, öffentlich mit, und späterhin waren mehrfach Reisende in den Alpen mit Instrumenten dieser Art versehen. Im August 1832 zeigte mir Forbes in Genf zwei Actinometer[17]), wie Herschel diese Instrumente nennt, und da ich bei meinem beabsichtigten Aufenthalte auf dem Faulhorne Beobachtungen dieser Art machen wollte, so theilte er mir nicht nur eins derselben, sondern auch die von Herschel selbst niedergeschriebene Einrichtung desselben mit. Obgleich diese Instruction von ihrem Verfasser noch nicht bekannt gemacht ist, so scheint mir doch das Instrument, besonders aber die Beobachtungsart zu wichtig, als daß ich es unterlassen könnte, dieselbe hier nicht anzuführen.

Das Actinometer (Taf. I. Fig. 2.) besteht aus einem großen hohlen Glascylinder; an das eine Ende desselben ist eine Thermometerröhre geschmolzen, die an ihrem obern Theile eine zu einer Spitze ausgezogene Kugel trägt, diese dünne Spitze ist abgebrochen, so daß die Luft frei in die Röhre treten kann. An das andere Ende des Cylinders ist eine Messinghülse gekittet, durch welche eine gut schließende Schraube hindurchgeht, an deren obern Ende sich ein Kolben befindet, der sich im Innern des Cylinders vermittelst der Schraube auf und ab bewegen läßt. Der Cylinder wird nun mit einer dunkel gefärbten Flüssigkeit gefärbt[18]); wird dann die Kugel an dem Ende der Thermometerröhre voller Luft gelassen und darauf mit etwas Wachs zugeschmolzen, so hat man ein sehr empfindliches Thermometer, an welchem man eine Scale anbringen kann. Der Cylinder wird nun in einem inwendig geschwärzten Kasten befestigt, welcher zur Abhaltung von Luftströ-

16) Edinb. Journ. of Sc. III, 107.

17) *Axtiv*, Sonnenstrahl.

18) Bei den beiden Instrumenten, welche ich sah, schien dazu eine dunkelblaue Solution eines Kupfersalzes genommen zu seyn.

Digitized by Google

mungen durch eine Platte von dickem Spiegelglase geschlossen wird. Der Zweck der Schraube besteht darin, die innere Capacität des Cylinders nach Belieben zu ändern, indem man dafür sorgt, daß das Ende der in der Thermometerröhre enthaltenen Säule weder in den Cylinder zurücktritt, noch in die Kugel hinaufsteigt. Soll nun das Instrument gebraucht werden, so untersucht man zuerst, ob sich nicht etwa Luftblasen im Innern des Cylinders befinden, was man am sichersten durch Neigung des Instrumentes kennen lernt. Sind solche vorhanden, so wird das Instrument vertical gehalten und durch Drehung der Schraube die Flüssigkeit in die am Ende der Thermometerröhre befindliche Kugel getrieben; ist damit zugleich die Luftblase angekommen, so wird die Schraube zurückgedreht, wobei man darauf zu achten hat, daß die Flüssigkeit eine zusammenhängende Säule bildet. Ein Wenig von dieser, welches durch Capillarität an den Wänden festgehalten wurde, wird sich vielleicht zu kleinen Tropfen vereinigen; sind diese in nicht zu großer Zahl vorhanden, so verdienen sie keiner Beachtung, nur beobachte man stets das Ende der ungetrennten Säule; sind aber viele vorhanden, so muß man die erste Operation wiederholen und die Luft durch Drehen der Schraube entfernen. Im Allgemeinen ist es vortheilhaft, über der ungetrennten Säule eine Luftblase zu lassen, welche eine Länge von etwa $\frac{1}{4}$ Zoll hat, jenseits welcher sich ein Tropfen von etwa einem halben Zolle befindet.

Ist das Actinometer so weit vorgerichtet, daß die ganze Masse des Fluidums zusammenhängend ist, so stellt man es so auf, daß der Cylinder horizontal liegt und daß die Sonnenstrahlen genau senkrecht auf den Glasdeckel des oben erwähnten Kastens fallen. Ist dieses der Fall, so ist der Einfallswinkel der ankommenden Strahlen stets derselbe, und der Verlust beim Durchgange durch die Glasplatte ist zu allen Zeiten derselbe aliquote Theil der ursprünglichen Lichtmenge. Stehen die einzelnen Seiten des Kastens genau senkrecht auf einander, so ist es sehr leicht diese Lage zu finden, man darf das Instrument nur so lange verrücken und ihm durch untergelegte Klötzchen eine solche Neigung geben, bis keine der Seitenflächen einen Schatten wirft. Wird das Instrument erst der Sonne ausgesetzt, so läßt man diese einige Minuten darauf scheinen, indem man die Schraube gleichzeitig dergestalt

dreht,

Digitized by Google

dreht, daß die Säule etwa in der Mitte der Scale liegt, und beginnt nun erst die Beobachtungen. Sollte im Laufe der Beobachtungen die Flüssigkeit sich so ausdehnen oder zusammenziehen, daß das Ende der Säule in den Cylinder oder in die Kugel treten könnte, so muß man jedesmal die Schraube so drehen, daß es in der Thermometerröhre bleibt.

So ist das Actinometer nur ein Thermometer, dessen Grade bei der großen Capacität des Gefäßes eine bedeutende Länge haben, sonst aber durchaus willkührlich sind. Herschel läßt die Scale in 100 gleiche Grade theilen, indem er den Nullpunkt an dem neben dem Cylinder befindlichen Ende anbringt. Wollte man vermittelst desselben die wahre Temperatur kennen lernen, so müßte die Scale sehr lang seyn und dadurch würde es sehr an Bequemlichkeit verlieren, deshalb hat Herschel dem Cylinder einen beweglichen Boden gegeben, um seine Capacität dadurch zu ändern. Hätte man ein gewöhnliches Thermometer mit hinreichend großen Graden, so könnte man sich desselben eben so gut bedienen, wie dieses Sauſſure bei seinem Heliothermometer gethan hat. Während aber Sauſſure so wie Lambert das Instrument so lange den Strahlen der Sonne aussetzen, bis es einen stationären Stand angenommen hat und also das statische Moment finden, beobachtet Herschel die Aenderung der Temperatur in einer gegebenen Zeit und erhält dadurch den Differentialquotienten als Maaß für die Intensität der Strahlung [19]).

Der Stand, welchen das Actinometer annimmt, hängt zugleich von der Temperatur der Luft und von der Wirkung der Sonnenstrahlen ab. Wäre es kälter als die Luft, so würde es schon durch Einwirkung der letztern steigen, ohne daß man wüßte, ob diese Ausdehnung der Flüssigkeit von der bloßen Wirkung der Sonnenstrahlen herrührte; sollte aber seine Temperatur höher seyn, als die der umgebenden Luft, so würde es durch Ausstrahlung erkalten und in der Sonne nicht so bedeutend steigen, als es ohne diesen Umstand der Fall gewesen seyn würde. Um diese beiden Wirkungen von einander zu trennen und die Stärke des Sonnenlichtes ganz rein zu erhalten, beobachtet man etwa eine Minute die Aenderung des Instrumentes im Schatten, hierauf

19) Edinb. Journ. of Sc. III, 107.

eben so lange in der Sonne, und endlich wieder im Schatten. Man erhält dadurch die von der Temperatur der Umgebung erzeugte Vermehrung oder Verminderung in den Angaben des Actinometers während der ersten und dritten Minute; das Mittel beider ist die Größe der Aenderung, welche unter gleichen Umständen in der zweiten Minute gefunden seyn würde. Wäre das Instrument in der ersten und dritten Minute gestiegen, so würde es auch in der zweiten Minute im Schatten gestiegen seyn, und die Größe, welche man während dieser in der Sonne fand, ist mithin größer als die blos von der Einwirkung des Sonnenlichtes herrührende; man muß deshalb das Mittel der in der ersten und dritten Secunde erhaltenen Größen von der Aenderung in der zweiten Secunde subtrahiren. Um diese Beobachtungen im Schatten mit Leichtigkeit vorzunehmen, genügt es, eine hölzerne oder metallene Platte dergestalt zu halten, daß der Kasten, in welchem der Cylinder liegt, ganz beschattet wird.

Um das Verfahren näher zu zeigen, will ich einige Beobachtungen mittheilen, welche ich im September 1832 auf dem Faulhorne anstellte:

25sten Septbr.	Zeit der Beobachtung	Stand des Actinometers	Aenderung in einer Minute
1ster Schatten	7h 26′ 0″ bis 7. 27. 0	26°,2 30,2	+4°,0
1ste Sonne	7h 27′ 0″ bis 7h 28. 0	30,2 51,6	+21,4
2ter Schatten	7h 28. 0 7h 29. 0	51,6 57,5	+5,9
2te Sonne	7h 29. 0 7. 30. 0	57,5 80,3	+22,8
3ter Schatten	7. 30. 0 7. 31. 0	80,3 86,2	+5,9
3te Sonne [20])	7. 31. 30 7. 32. 30	9,2 32,8	+23,6
4ter Schatten	7. 32. 30 7. 33. 30	32,8 38,8	+6,0
4te Sonne	7. 33. 30 7. 34. 30	38,8 62,9	+24,1
5ter Schatten	7. 34. 30 7. 35. 30	62,9 68,8	+5,9

20) Die Schraube gedreht, weil sonst die Flüssigkeit in die Kugel getreten wäre.

Die erste Spalte dieser Tafel enthält die Angabe, ob die Beobachtung im Schatten oder in der Sonne gemacht wurde; in der zweiten Spalte sind Anfang und Ende der Beobachtungen angegeben; da jede von diesen die Zeit einer Minute umfaßte, so habe ich die Dauer nicht hinzugefügt; in der dritten Spalte findet sich die Angabe des Actinometers im Anfange und am Ende der Minute; in der vierten Spalte ist der Unterschied zwischen diesen beiden Angaben, und da das Instrument beständig stieg, haben alle Größen dieser Spalte das Zeichen +. Wir müssen demnach die im Schatten erhaltenen Größen von der in der Sonne gefundenen subtrahiren. Wir finden auf diese Art

1ster Schatten	+ 4°,0	1ste Sonne	+ 21°,4
2ter Schatten	+ 5,9	davon subtr.	— 5,0
Mittel	+ 5,0	Wirkung der Sonne	+ 16,4

So erhalten wir folgende Größen für die Strahlung:

+ 16°,4
+ 16,9
+ 17,6
+ 18,2

Mittel + 17,3.

Ich füge noch als zweites Beispiel eine Reihe von Messungen hinzu, welche ich am 18ten September von 10^h 45′ bis 10^h 55′ anstellte. Schon seit 8^h hatte das Instrument in der Sonne gestanden und dadurch eine hohe Temperatur angenommen, weshalb es bedeutend sank, wenn es beschattet wurde. Da die Dauer jeder einzelnen Messung jedesmal eine Minute betrug, so will ich nur die Größe der Aenderung mittheilen:

1ster Schatten, Aenderung des Actinometers	— 35°,8
1ste Sonne, ...	+ 6,2
2ter Schatten, ...	— 34,2
2te Sonne, ...	+ 7,0
3ter Schatten, ...	— 34,5
3te Sonne, ...	+ 7,3
4ter Schatten, ...	— 33,5
4te Sonne, ...	+ 7,5
5ter Schatten, ...	— 34,5

Digitized by Google

Wir haben demnach

1ster Schatten	— 35°,8	1ste Sonne	+ 6°,2
2ter Schatten	— 34,2	Wirkung im Schatten	+ 35,0
Mittel	— 35,0	Wirkung der Sonne	+ 41,2

So ergiebt sich für die Stärke der Sonnenwirkung

+ 41°,2
+ 41,4
+ 41,3
+ 41,5

Mittel 41,35

Die Dauer des kleinen Zeitintervalles, während dessen die Wirkung der Sonnenstrahlen beobachtet wird, ist im Allgemeinen gleichgültig; Herschel empfiehlt dazu in der mehrfach erwähnten handschriftlichen Instruction das Intervall einer Minute, und eben dieses habe ich bei den meisten meiner Aufzeichnungen angewendet. Jedoch muß ich eines Umstandes gedenken, welchen der sinnreiche Erfinder des Actinometers in einigen von ihm angeführten Beispielen nicht berücksichtigt hat. Will man nämlich die Wirkung der Sonnenstrahlen während einer Minute kennen lernen, so scheint es erlaubt, die Messung in der Sonne mehrere Minuten hindurch fortzusetzen und die gefundene Größe durch die Zahl der Minuten zu dividiren; oder falls man nur während eines Theiles einer Minute beobachtete, die erhaltene Zahl von Graden durch Multiplication auf die normale Dauer des Versuches zu reduciren. Herschel hat ein solches Beispiel in der von mir benutzten Instruction mitgetheilt. Als ich indessen einst mehrere Beobachtungen nur eine halbe Minute hindurch fortsetzte und die gefundenen Größen mit 2 multiplicirte, so wichen diese Zahlen sehr bedeutend von den vorher und nachher auf gewöhnliche Art gefundenen ab. Um zu entscheiden, ob diese Abweichung nicht etwa blos zufällig sey, stellte ich an mehreren heitern Tagen mehrere Reihen von Beobachtungen dergestalt an, daß ich die Größe der Strahlung während 15″, 30″ und 60″ beobachtete; jedesmal wurden 4 Bestimmungen in der Sonne gemacht und das Mittel derselben genommen; um die Aenderung der Sonnenhöhe während der Dauer der Beobachtungen zu eliminiren, beobachtete ich

Digitized by Google

der Reihe nach während 15″, 30″, 60″, 30″ und 15″, und nahm nun das Mittel der ersten und 5ten, 2ten und 4ten Messung. Indem ich auf diese Art 10 Reihen von Messungen machte, erhielt ich für die Wirkung der Sonnenstrahlen

während	15 Secunden	5°,67
	30 . . .	13,25
	60 . . .	29,54

Setzen wir demnach die Wirkung der Sonne während 15 Secunden gleich 1, so ist sie in 30 Secunden gleich 2,337 und während 60 Secunden gleich 5,210, sie wächst also mit der Verlängerung des Zeitintervalles schneller als dieses. Um den Grund dieser Abweichung kennen zu lernen, setzte ich das Actinometer wie gewöhnlich eine Minute den Wirkungen der Sonne aus, und beschattete es sodann während einer Minute, zeichnete aber den Stand desselben von 10 zu 10 Secunden auf. So erhielt ich im Mittel von 9 Reihen, die am 1sten October 1832 von $10^h\ 24'$ bis $10^h\ 42'$ angestellt wurden, folgende Aenderungen des Actinometers:

Zeit	Stand des Actinometers in der Sonne	Aenderung während 10 Secunden
0″	38°,67	
10	40,46	+ 1°,79
20	43,19	+ 2,67
30	46,21	+ 3,02
40	49,52	+ 3,31
50	52,97	+ 3,45
60	56,02	+ 3,05

Im Schatten erhielt ich folgende Größen:

Zeit	Stand des Actinometers während der Beschattung	Aenderung während 10 Secunden
0″	52,37	
10	51,11	— 1°,26
20	48,97	— 2,14
30	46,44	— 2,53
40	43,91	— 2,43
50	41,17	— 2,74
60	38,67	— 2,50

Digitized by Google

Es ändert sich also das Instrument sowohl in der Sonne als im Schatten in gleichen Zeitintervallen, im Anfange des Versuches weniger als gegen das Ende einer Minute; erst dann, wenn der Versuch etwa eine Minute gedauert hat, ändert es sich in gleichen Zeiträumen um dieselbe Größe. Dieses beweist folgende Reihe von Messungen, welche ich am 3ten October zwischen 9^h und 10^h Morgens anstellte, wobei ich das Instrument während einer Zeit von 2 Minuten abwechselnd im Schatten und in der Sonne beobachtete und seine Angaben bei jeder 10ten Secunde aufzeichnete. Das Mittel von 9 Reihen von Messungen ist folgendes:

Zeit	Actinometer in der Sonne	Aenderung in 10 Secunden
0″	22°,71	
10	24,97	+2°,26
20	28,49	+3,52
30	32,04	+3,55
40	35,80	+3,76
50	39,68	+3,88
60	43,39	+3,71
70	47,23	+3,84
80	51,21	+3,98
90	55,20	+3,99
100	59,02	+3,82
110	62,98	+3,96
120	66,49	+3,51

Während der Beschattung erhielt ich folgende Größen:

Zeit	Actinometer im Schatten	Aenderung während 10 Secunden
0″	66°,49	
10	65,66	—0,83
20	63,77	—1,89
30	61,58	—2,19
40	59,29	—2,29
50	56,83	—2,46
60	54,58	—2,25
70	52,21	—2,37
80	49,78	—2,43
90	47,39	—2,41
100	44,94	—2,45
110	42,51	—2,43
120	40,14	—2,37

Digitized by Google

Es zeigen uns diese Größen bestimmter als die vorher gegebenen, daß der Gang des Instrumentes erst dann gleichförmiger wird, wenn es etwa 50 Secunden hindurch der Erwärmung in der Sonne oder der Erkaltung im Schatten ausgesetzt war, und daß es daher keineswegs gleichgültig ist, wie lange die Beobachtung jedesmal fortgesetzt wird, wofern die zu verschiedenen Zeiten gemachten Messungen mit einander verglichen werden sollen.

Das eben entwickelte Gesetz, daß nämlich die Aenderungen des Actinometers im Anfange weniger schnell erfolgen, als später, scheint mit demjenigen im Widerspruche zu stehen, was uns anderweitige Erfahrungen über die Erwärmung oder Erkaltung der Körper gelehrt haben. Hier nämlich ist der Verlust oder Gewinn an Wärme im Anfange schneller, als später, wo der Unterschied zwischen den Temperaturen des Körpers und des umgebenden Mittels geringer wird. Indessen würde letzteres Gesetz unstreitig auch dann Statt finden, wenn man das Actinometer längere Zeit der Sonne oder der Beschattung aussetzte. In den ersten Secunden, wo das Instrument von der Sonne beschienen wird, wirkt die Wärme zunächst auf den Cylinder, dieser erhält dadurch eine verhältnißmäßig größere Capacität, und so steigt die Flüssigkeit langsamer als späterhin. Es findet also hier genau derselbe Umstand Statt, welchen man bei empfindlichen Thermometern wahrnimmt, indem diese bei plötzlicher Erwärmung oder Erkaltung in dem ersten Momente etwas sinken oder steigen und erst später ihren gewöhnlichen Gang befolgen.

Bei einem Barometerstande, welcher zwischen 20 und 21 Zoll schwankte, und bei Temperaturen, welche zwischen dem Gefrierpunkte und etwa 10° über demselben lagen, habe ich mit einem mir von Forbes mitgetheilten Actinometer im September und October 1832 auf dem Faulhorne sehr viele Beobachtungen angestellt. Das Wetter war im Allgemeinen so heiter, wie es selten in dieser Höhe der Fall ist, Tage lang sah ich keine Spur von Wolken über mir, doch zeigten sich häufig in der Tiefe der Thäler Dunstschichten, welche sich mit ihrer obern Fläche an den entfernteren Bergen vollkommen horizontal projicirten; die große Trockenheit, welche gleichzeitig auf dem Faulhorne und zu Bern und Zürich Statt fand, macht es wenig wahrscheinlich, daß diese Trübung von Nebelbläschen herrührte, auch wurde mir in der

Digitized by Google

Folge von mehreren Schweizern gesagt, der Höherauch sey in jenem Herbste öfter vorhanden gewesen. Stelle ich sämmtliche Beobachtungen von 5 zu 5° Sonnenhöhe zusammen, so ergiebt sich folgende Tafel für die Wirkung der Sonne auf das Actinometer während einer Minute:

Sonnenhöhe	Wirkung der Sonne
43° 12′	37°,68
40	37,29
35	35,96
30	33,18
25	29,13
20	23,78

Stelle ich die erste dieser Beobachtungen mit den drei letzten zusammen, so wird im Mittel

$$-\log . v = 0{,}1208 \text{ sec. } \gamma$$

Von 100 Strahlen, welche senkrecht auf die Atmosphäre fallen, gelangen also 76 zur Spitze des Faulhornes, und es geht mithin nahe $\frac{1}{4}$ derselben verloren. Diese Beobachtungen wurden bei einem Barometerstande von etwa 247‴ angestellt; nehmen wir an, daß für gleiche Aenderungen des Luftdruckes die Schwächung in den unteren Schichten der Atmosphäre eben so groß gewesen sey, als in den oberen, so können wir daraus die Intensität des Sonnenlichtes am Niveau des Meeres berechnen. Es wird nämlich

$$-\log . v = \frac{337{,}5}{246} \cdot 0{,}1208 \text{ sec. } \gamma = 0{,}16505 . \text{ sec. } \gamma$$

und wenn die Summe der Strahlen, welche senkrecht auf die Atmosphäre fallen, mit 1 bezeichnet wird, so gelangt 0,68 davon zur Oberfläche des Meeres. Diese Bestimmung liegt zwischen denen von Bouguer (0,81) und Lambert (0,59) etwa in der Mitte.

Diese Bestimmung wurde an Tagen vorgenommen, an denen der Himmel sehr heiter war und wo das Actinometer vom Aufgange der Sonne bis zu ihrem Untergange einen regelmäßigen Gang zeigte. So wünschenswerth es ist, daß in Zukunft recht viele Beobachtungen über die Schwächung des Sonnenlichtes angestellt werden mögen, sey es nun daß man sich des Actinometers (Heliothermometers) oder des Photometers von Leslie be-

Digitized by Google

diene, so tritt doch der allgemeinen Vergleichbarkeit der in verschiedenen Gegenden angestellten Messungen ein großer Uebelstand entgegen, es müssen nämlich die dabei benutzten Instrumente unmittelbar mit einander verglichen werden. Bei dem Actinometer ist die Scale völlig willkührlich, und selbst wenn man hier ein gegebenes Intervall vermittelst eines gewöhnlichen Thermometers bestimmen und darnach die Scale entwerfen wollte, so würde doch dieses eben so wenig von Nutzen seyn, als die von Leslie vorgeschlagene Theilung einer Temperaturdifferenz von 10° zwischen beiden Kugeln in 1000 Theile. Die Schwierigkeit liegt weniger hierin, als in der ungleichen Durchsichtigkeit der Glasplatten oder der Glasglocke über dem Instrumente Leslie's. Wenn ferner das Actinometer so, wie es Herschel mit einer mir nicht näher bekannten Flüssigkeit construirt hat, sehr ungleichen Temperaturen ausgesetzt wird, so sind die Messungen mit demselben Instrumente nicht mehr comparabel. Wir messen vermittelst desselben die von der Sonne unter verschiedenen Umständen erzeugte Erwärmung vermittelst der Ausdehnung der Flüssigkeit; für gleiche Aenderungen eines Queckſilberthermometers aber dehnt sich jede bisher näher untersuchte Flüssigkeit in höheren Temperaturen anders aus, als in niederen, und so erhält man bei einerlei Wirkung der Sonne nicht immer dieselbe Anzahl von Graden. Aus diesem Grunde bin ich geneigt, dem Heliothermometer den Vorzug zu geben, jedoch ist es mir nicht möglich gewesen, hierüber entscheidende Versuche anzustellen.

Wäre die Größe bekannt, um welche sich das Actinometer in Zeit von einer Minute ändern würde, wenn es sich oberhalb der Atmosphäre befände, wenn also die Sonnenstrahlen noch mit ihrer ursprünglichen Stärke ankämen, so wäre diese Größe ein bestimmter Vergleichungspunkt verschiedener Instrumente, ja man erhielte auf diese Art ein bequemes Verfahren, die Größe der Lichtschwächung übersichtlicher darzustellen, als es durch die unmittelbaren Beobachtungen möglich ist. Mir scheint es nämlich am zweckmäßigsten, bei Angaben der Durchsichtigkeit der Atmosphäre jedesmal den Verlust zu bestimmen, welchen 100 senkrecht auf die Erde fallende Strahlen erleiden, weil dadurch der veränderliche Factor sec. γ aus der Formel eliminirt wird. Um diese Kenntniß zu erlangen, werden zwei Beobachtungen bei verschiede-

Digitized by Google

nen Höhen der Sonne erforderlich; oft ist dieses nicht möglich, da sich in unsern Klimaten das Ansehen der Atmosphäre sehr häufig in kurzer Zeit ändert und die eine Beobachtung, welche gemacht wurde, steht isolirt; zu andern Zeiten kann es wünschenswerth seyn, die successive Schwächung des Sonnenlichtes im Laufe des Tages kennen zu lernen, und auch in diesem Falle giebt die unmittelbare Beobachtung nur einen schlechten Anhaltepunkt. Die Messungen, welche an Tagen gemacht wurden, wo das Instrument sich sehr regelmäßig mit der Sonnenhöhe änderte, geben indessen ein Mittel an die Hand, die Wirkung der Sonnenstrahlen auf das Actinometer annähernd zu bestimmen. Bleiben wir bei den eben gegebenen Messungen auf dem Faulhorne stehen, so ist

$$-\log . v = ,01208 . \sec . \gamma .$$

Ist x die Aenderung des Actinometers außerhalb der Atmosphäre, so wird

$$\log \frac{x}{v} = 0,1208 \sec . \gamma$$

und wenn hier nach den oben angegebenen Messungen $v = 37°,68$, $\gamma = 43° 12'$ gesetzt wird, so erhalten wir

$$x = 56°,57$$

Vermittelst dieses Werthes ist man im Stande, umgekehrt zu bestimmen, wie groß die Durchsichtigkeit der Atmosphäre bei den einzelnen Messungen im Verlauf der Beobachtungen gewesen sey; sollte sich nun zeigen, daß diese Größe sich geändert habe, so kann man die Messungen vermittelst dieses angenäherten Werthes von x auf denselben Grad von Lichtschwächung reduciren und eine zweite Bestimmung von x vornehmen.

Ist die Schwierigkeit schon sehr groß, die Schwächung des Lichtes am Tage zu beobachten, so wird dieselbe noch größer, wenn wir eben diese Bestimmung in nicht mondhellen Nächten vornehmen wollen. Es fehlt uns noch ganz an einem Photometer, um die Lichtstärke verschiedener Sterne zu messen, und die vor einigen Jahren von der königlichen Societät zu Göttingen aufgegebene Preisfrage über die Construction eines solchen, ist bis jetzt (September 1834) noch nicht gelöst. Mir scheint es indessen möglich, daß das von Alex. v. Humboldt angewendete Verfah-

Digitized by Google

ren [20]) einer solchen Modification fähig ist, daß man nicht blos die relative Lichtstärke verschiedener Sterne, sondern auch die Schwächung ihres Lichtes in der Atmosphäre messen kann. Man denke sich zwei Fernröhre, die bei einerlei Vergrößerung genau dieselbe Lichtstärke zeigen, und indem ihre Oculare unmittelbar neben einander liegen, so daß das Auge die durch beide erscheinenden Gegenstände zugleich sehen kann, richte man sie auf zwei Sterne von verschiedener Höhe, deren absolute Lichtstärke wir zunächst als bekannt annehmen wollen und welche durch beide Fernröhre gleich hell erscheinen. Man wiederhole diese Messung bei verschiedenen Höhen eben dieser Sterne, so werden sie nicht mehr gleich hell erscheinen, weil die von der Zenithdistanz abhängige Schwächung jetzt nicht mehr dieselbe ist, als bei der ersten Messung. Dadurch, daß man nach Bouguer's Vorschlage [21]) über das Objectiv des einen Fernrohres Blendungen von verschiedener Größe schiebt, läßt sich diese Gleichheit der Helligkeit wieder herstellen. Durch eine Reihe ähnlicher Messungen läßt sich dann annähernd nicht blos die absolute Lichtstärke bestimmen, sondern auch zugleich die Schwächung des Lichtes messen. — Mir ist es nicht möglich gewesen, Beobachtungen dieser Art zu machen, und so möge es genügen, das Verfahren im Allgemeinen angedeutet zu haben, da bei der wirklichen Ausführung desselben vielleicht noch andere Schwierigkeiten zu berücksichtigen sind.

So wünschenswerth auch Messungen über die Schwächung des Lichtes in der Atmosphäre sind, so fehlt es daran doch fast gänzlich; wie dieselbe sich in verschiedenen Jahreszeiten und in verschiedenen Klimaten verhalten möge, ist eine Frage, deren Beantwortung erst in künftigen Zeiten möglich ist. Sehr viele Beobachtungen, welche ich mit dem Photometer von Leslie angestellt habe, gewähren keine bestimmten Resultate, zumal da die meisten derselben an einem Orte gemacht wurden, über welchem eine fast beständig vorhandene mehr oder weniger dichte Wolke von Braunkohlendamf schwebt.

---

20) Humboldt Voyage IV, 287, daraus Poggendorff's Annalen XXIX, 484, wo mehrere Vorschläge über diesen Gegenstand mitgetheilt werden.

21) Bougueri Optice.

Digitized by Google

Die Durchsichtigkeit der Atmosphäre ist im hohen Grade veränderlich; namentlich haben der Wasserdampf und der mechanisch in die Höhe gerissene Staub und Rauch darauf den größten Einfluß. Der Wasserdampf namentlich spielt dabei eine Rolle, welche noch nicht gehörig ermittelt ist. Am durchsichtigsten nämlich ist die Luft in unsern Klimaten, wenn nach anhaltendem Regen der Himmel sich schnell aufheitert und entfernte Gegenstände mit großer Klarheit erscheinen; doch darf man dann selten auf die Fortdauer der schönen Witterung rechnen, meistens ist der Boden mehr oder weniger naß und der aufsteigende Luftstrom sättigt in kurzer Zeit die feuchte Atmosphäre, so daß der Dampf Bläschengestalt annimmt [22]). Besonders auffallend zeigt sich dieses in Genf. Warme Südwestwinde lösen dort in kurzer Zeit die Bläschen auf und die Berge erscheinen mit großer Klarheit, doch wenn diese Winde länger fortdauern, so wird die Luft übersättigt und es erfolgt Regen [23]). Und vielfach hörte ich in der nördlichen Schweiz, es sey ein Anzeichen von baldigem Regen, wenn die Spitzen der höheren Alpen sehr klar wären, weil bald der Föhnwind sich zeige, welcher eine Menge von Wolken über die Bergkette führe. Während meines Aufenhaltes auf dem Faulhorne sowohl als dem Rigi war die Luft am durchsichtigsten an solchen Morgen, welche auf Regen- oder Schneetage folgten und wo in den Thälern, namentlich über den Seen, dichte Nebel vorhanden waren, aber allmählich stiegen diese Wolken in die Höhe und wenige Stunden nach Sonnenaufgang war ich dicht in dieselben eingehüllt.

Die Rolle, welche der elastische Wasserdampf bei diesem Phänomene spielt, ist noch nicht gehörig ermittelt. Man könnte allerdings glauben, der Dampf, welcher die Zwischenräume zwischen den Lufttheilchen ausfüllt, vermehre die Durchsichtigkeit dieser auf eine ähnliche Art, als Oel welches in die Poren von Papier, oder Wasser welches in die Poren des Tabasher's gedrungen ist. Jedoch scheint die große Durchsichtigkeit der trocknen Luft im Innern der Continente dieser Annahme zu widersprechen. In Persien z. B. scheinen die Sterne so hell, daß man bei ihrem Lichte lesen und einen Menschen in ziemlicher Entfernung erkennen

22) v. Humboldt Voyage VIII, 70.

23) Journal de physique III.

Digitized by Google

kann [24]). In Senaar will Bruce die Venus bei Tage gesehen haben [25]); eben so besitzt die Luft in Brasilien einen hohen Grad von Durchsichtigkeit [26]). Hat man längere Zeit mit demselben Fernrohre der Himmel in höheren Breiten und in der Nähe des Aequators beobachtet, so ist man erstaunt über die Helligkeit, welche die Sterne besitzen, so daß man glauben könnte, man habe bessere Instrumente [27]). Doch nicht blos in der Nähe des Aequators zeigt sich diese größere Helligkeit, sondern Hansteen bemerkte dieselbe ebenfalls in Sibirien [28]), und war darüber eben so erstaunt, als Gérard [29]) über die große Durchsichtigkeit der Luft auf der Höhe des Himalaya.

Die Lichtstrahlen, welche auf diese Art beim Durchgange durch die Atmosphäre verloren gehen, werden zum Theil zur Erde, zum Theil gegen den unendlichen Himmelsraum reflectirt, zum Theil werden sie absorbirt und zur Erwärmung der Luft verwendet. Lambert hat es versucht [30]), die Erleuchtung einer Fläche durch dieses reflectirte Licht zu bestimmen. Er stellt sich deshalb die Oberfläche der Erde und die Gränze der Atmosphäre als parallele Scheiben vor; sehen wir die Stärke des Sonnenlichtes als Einheit an und bezeichnen wir den Zenithabstand der Sonne mit γ, so ist die Luftmenge q welche auf eine horizontale Fläche fällt $q = \cos. \gamma$. Ist nun δ die Summe der Hindernisse, welche ein senkrecht auf die Oberfläche fallender Strahl findet, so wird diese für unsere angenommene Zenithdistanz $\delta \sec. \gamma$, und wir finden

$$\log. \frac{1}{v} = \delta \sec. \gamma \text{ oder}$$

$$v = e^{-\delta \sec. \gamma}$$

24) Olivier Persien.

25) Bruce Reisen.

26) Eschwege Brasilien, die neue Welt I, 4.

27) v. Humboldt Voyage IV, 52. Tableau des régions équinoxiales p. 104.

28) Biblioth. univ. XLII, 261.

29) Edinb. Journ. of Sc. V, 287.

30) Photometria §. 902 sqq

müßte aber nach diesem Gesetz der dunkelste Punkt in dem Theile des durch die Sonne gehenden Vertikalkreises befindlich seyn, welcher jenseits des Zenithes liegt, und zwar müßte die dunkelste Stelle in der Nähe des Horizontes liegen, weil hier der Winkel, welchen die Strahlen mit der Fläche bilden, auf welche sie fallen, und von der sie dann zum Auge reflectirt werden, sich dem rechten am meisten nähert. Dieses ist aber nicht der Fall. Im Allgemeinen besitzt der Himmel in der Nähe des Horizontes eine größere Helligkeit, und eben so wenig wird die geringste Lichtmenge von dem angegebenen Vertikalkreise reflectirt, beides unstreitig wegen der von andern Lufttheilchen nach jenen Gegenden geworfenen Strahlen.

Die einzigen Messungen über diesen Gegenstand rühren von Bouguer her und diese sind zum Theil noch durch Zahlenlücken entstellt. Er verglich deshalb die Stücke des Himmels, welche erforderlich waren, wenn gegebene Flächen von ihnen gleich stark erleuchtet werden sollten. Das Photometer, dessen er sich dazu bediente, bestand aus zwei inwendig geschwärzten und an ihren oberen Enden mit durchbrochenen Schirmen versehenen Röhren BD und AB (Taf. I. Fig. 3.), welche in B vermittelst eines Charnieres verbunden wurden; ein zwischen beiden Röhren befindlicher Kreisbogen diente zur Messung des von beiden eingeschlossenen Winkels. Beide Röhren tragen an ihrem untern Ende Oeffnungen S und R von etwa 3‴ oder 4‴ Durchmesser, die mit geöltem Papiere oder matt geschliffenem Glase verschlossen werden; das Licht, dessen Stärke gemessen werden soll, fällt auf diese Scheiben. Die Oeffnungen in den Schirmen am obern Ende der Röhren sind gleich und haben einen Durchmesser von etwa einem Zoll. Um die beiden Platten S und R bei verschiedener Helligkeit der zu vergleichenden Theile des Himmels gleich hell zu erleuchten, ändert Bouguer die Menge der einfallenden Strahlen dadurch ab, daß er die Röhre BD aus zwei in einander geschobenen Stücken DE und EB zusammensetzt, um ihre Länge dadurch vergrößern oder verkleineren zu können. Sind beide Röhren gleich lang und auf ungleich helle Theile des Himmels gerichtet, so werden die kleinen Glasplatten nicht gleich hell erleuchtet, es wird demnach die gegen die hellern Nebel gerichtete längere Röhre so lange aus einander gezogen, bis beide Platten gleich hell erscheinen. Die Theile des Himmels,

von

von denen Lichtstrahlen zu den Platten gelangen, verhalten sich wie die scheinbaren Durchmesser der Oeffnungen in den Schirmen, und da diese klein sind, so können wir annehmen, daß sich ihre Durchmesser umgekehrt wie die Längen, ihre Flächen also umgekehrt wie die Quadrate der Längen der Röhren verhalten. Eben dieses gilt nothwendig auch von der Helligkeit der Stellen, von denen Strahlen zum Photometer gelangen [34]). Um die Wirkung des fremdartigen Lichtes abzuhalten, setzt Bouguer das untere Ende des Photometers in einen finstern Kasten, in den dann das Auge gehalten wird.

In der Photometrie von Bouguer werden mehrere Beobachtungen über diesen Gegenstand angeführt, leider fehlen aber bei den meisten Messungen die Zahlen. Er fand, daß die Lichtmenge, welche uns bei einer Sonnenhöhe von 25° von einer Stelle zugeschickt wird, die 8° oder 9° von der Sonne entfernt ist, viermal größer ist, als diejenige, welche von einer Stelle zu uns gelangt, die von der Sonne 31° bis 32° entfernt ist. Obgleich uns ferner ein großer Theil des Himmels einerlei Helligkeit zu besitzen scheint, so zeigen genauere Messungen doch bedeutende Differenzen. Hatte die Sonne eine Höhe von 15° bis 20° und wurde die Lichtstärke in einem mit dem Horizonte parallelen Kreise gemessen, so zeigte sich eine Verminderung der Helligkeit mit der Entfernung von der Sonne, bis ein Minimum eintrat, worauf eine neue Zunahme und ein Maximum in dem der Sonne entgegengesetzten Punkte erfolgte. Die beiden Punkte, in denen das Minimum auf jeder Seite der Sonne eintrat, schienen von diesen einen Abstand von 110° bis 120° zu haben [35]).

Das von den Lufttheilchen zu uns gelangende Licht hat alle Eigenschaften, welches reflectirtes Licht besitzt und daher ist es auch polarisirt, worauf Arago [36]) und Brewster [37]) fast gleichzeitig aufmerksam wurden. Läßt man das von einem wolkenlosen Himmel reflectirte Licht durch eine zu den Polarisationsversuchen passend geschnittene Krystallplatte und darauf durch ein

34) Bougueri Optice p. 15.

35) Bougueri Optice p. 34.

36) Biot Traité de physique IV, 289.

37) Brewster Treatise on new philos. instruments p. 350.

Kalkspathprisma gehen, so bemerkt man fast am ganzen Himmel Spuren von den bekannten farbigen Kreisen, ein Beweis, daß dieses Licht polarisirt ist. Jedoch ist die Helligkeit dieser Kreise nicht allenthalben gleich. Nach Arago ist das Licht vollständig polarisirt, wenn es unter einem Winkel von 45° von den Lufttheilchen reflectirt wird, d. h. wenn der Punkt, welcher uns Licht zusendet, 90° von der Sonne entfernt ist, und es findet demnach diese vollständige Polarisation in einem größten Kreise des scheinbaren Himmelsgewölbes Statt, dessen Pol die Sonne ist. Dieses Gesetz, welches mir Quetelet vor mehreren Jahren mündlich mittheilte, wird auch durch die Erfahrungen von F. Chevallier und Airy in Cambridge bestätigt [38]). Ersterer fand, daß man die Polarisation schon bei einem Abstande von 30° von der Sonne wahrnehme; sowohl in der Nähe der Sonne als in größerer Entfernung war nach den Untersuchungen beider die Polarisationsebene dieselbe, während Arago neuerdings das Gegentheil gefunden hatte. In horizontaler Richtung konnte Airy die Polarisation schon in einem Abstande von 9° von der Sonne erkennen, über und unter derselben aber zeigte sie sich erst in größerer Entfernung. Die obige Angabe über die Lage desjenigen Punktes, in welchem das Licht vollständig polarisirt ist, weicht von der Bestimmung von Herschel ab [39]), wornach dieses bereits in einem Abstande von 74° erfolgen soll, was er aus der Reflexion von der Oberfläche der Nebelbläschen ableitet; doch scheint die oben gegebene Bestimmung die richtigere zu seyn.

Eine der auffallendsten Thatsachen, welche uns das von der Atmosphäre reflectirte Licht zeigt, ist seine Färbung. Bei heiterm Wetter erscheint uns der Himmel mit derjenigen Farbe, welche man im gemeinen Leben himmelblau nennt; nur bei niedrigem Stande der Sonne zeigen sich abweichend gefärbte Stücke des Himmels. Schon der bloße Anblick zeigt uns eine mehr oder weniger große Verschiedenheit dieser Farbe. Im Allgemeinen ist der Himmel im Zenith am dunkelsten, und indem die blaue Farbe von dieser Stelle abwärts immer mehr an Tiefe abnimmt, fällt sie in der Nähe des Horizontes fast ganz mit Weiß zusammen. Aber

38) L'Institut 1834. No. 50. p. 197.

39) Herschel vom Licht §. 1143.

selbst in der Nähe des Zenithes enthält dieses Blau eine bedeutende Beimischung von Weiß, wenn die Luft sehr viel niedergeschlagene Dämpfe enthält, ohne daß bestimmt begränzte Wolken vorhanden sind. Um diese verschiedenen Abstufungen des Blau zu vergleichen, construirte H. B. v. Sauſſure das Cyanometer, ein Instrument, welches dazu bestimmt ist, die verschiedenen Grade der Färbung des Himmels nach einer bestimmten Scale anzugeben [40]).

Das Blau, welches Sauſſure bei diesem Instrumente anwendete, war gutes Berlinerblau, womit er Papier bemalte; die verschiedenen Nüancen dieser Färbung wurden auf eine bestimmte Scale bezogen, deren Princip er folgendermaßen feststellte. Werden zwei Flächen, die mit demselben Pigment, aber in verschiedener Helligkeit bemalt sind, neben einander aufgestellt, so wird der Unterschied in ihrer Färbung desto kleiner, je weiter sich das Auge von ihnen entfernt, und endlich verschwindet er ganz. Wenn wir demnach eine Scale von verschiedenen Graden von Blau dergestalt construiren wollen, daß wir bei Weiß beginnend durch Blau bis zu vollkommenem Schwarz übergehen, so stellen wir zwei blaue Flächen neben einander auf und untersuchen, ob der Unterschied in der Färbung beider in einer gegebenen Entfernung verschwindet. Als normale Entfernung nahm Sauſſure diejenige, wo in seinem Diaphometer ein schwarzer Kreis von $1\frac{3}{4}$''' Durchmesser verschwand. Vollkommenes Weiß ward mit Null bezeichnet, und wenn daneben ein blaues Papier aufgestellt wurde, das genau in dieser Entfernung mit Weiß einerlei Färbung zu haben schien, so gab es den ersten Grad an; mit diesem wurde ein etwas dunkleres Blau verglichen; verschwand auch hier der Unterschied in der angegebenen Entfernung, so gab es den zweiten Grad an. Auf diese Art stieg Sauſſure zu einer immer dunkleren Nüancirung; dem Pigmente, welches zu den dunkleren Schattirungen benutzt wurde, setzte er nach und nach etwas schwarze Tusche zu und schloß die Scale mit vollkommenem Schwarz. So erhielt er zwischen Weiß und Schwarz 51 Nüancen, in Allem also

40) κυανος, himmelblau. — Mémoires de Turin IV, 409—417. Journal de physique XXXVIII, 499. Saussure Voyages §. 2086.

53 Grade, welche er auf die Peripherie eines Kreises klebte [41]). Will man die Farbe des Himmels an einer Stelle bestimmen, so hält man das Cyanometer zwischen das Auge und diese Stelle so lange, bis man einen Grad auffindet, welcher dieser Färbung entspricht. Die Beobachtung selbst muß wo möglich im Freien vorgenommen werden, wo das Cyanometer hinreichend erleuchtet wird; bei Messungen am Fenster eines Zimmers würde das von den Wänden reflectirte Licht manche Störung verursachen.

Durch directe Messungen überzeugte sich Sauſſure, daß die Grade seines Cyanometers den Mischungsverhältnissen von Weiß mit einem tiefen Dunkelblau vollkommen entsprächen, so daß man dadurch in den Stand gesetzt wird, die relative Menge von Dampfbläschen in verschiedenen Richtungen anzugeben. Sauſſure nahm eine gesättigte Kupferſolution von tief dunkelblauer Farbe und füllte diese in ein viereckiges Glas, von welchem drei Seiten mit schwarzem Papier beklebt waren; sie hatte die Färbung von 48° oder 49° des Cyanometers. Feine aus Alaun gefällte und in Wasser fein zertheilte Thonerde erschien vollkommen weiß. Wurden beide Flüſſigkeiten in bestimmten Verhältnissen mit einander gemischt, so entsprachen die Grade des Cyanometers vollkommen den Mischungsverhältnissen. Nahm er z. B. von beiden gleiche Mengen, so war die Farbe der Mischung 23° oder 24°; nahm er 3 Theile Blau und 1 Theil Weiß, so erhielt er 34° oder 35°.

Es ist nicht zu läugnen, daß die von Sauſſure vorgeschlagene Construction manche Schwierigkeiten darbietet; daß man indessen im Stande sey, comparable Instrumente auch ohne directe Vergleichung zu erhalten, geht daraus hervor, daß das von A. v. Humboldt verfertigte Cyanometer vollkommen mit dem von Sauſſure übeinstimmte [42]). Um jedoch die etwa

41) So ist das Cyanometer in der angezeigten Abhandlung abgebildet und so sah ich es auch an den noch vorhandenen Instrumenten, welche mir Theod. de Sauſſure während meines Aufenthaltes in Genf im August 1832 zur Vergleichung mitzutheilen die Güte hatte. Diese Gestalt ist völlig gleichgültig. Ich habe eine Reihe oblonger Scheiben von der Größe kleiner Spielkarten auf der Hälfte der einen Seite mit drei Graden beklebt, das Instrument wird dadurch tragbarer.

42) Humboldt Voyage II, 116.

Digitized by Google

möglichen Fehler zu umgehen, hat Parrot die Anwendung der Farbenscheibe zur Bestimmung der Nüancen vorgeschlagen. Eine Seite von dieser wird völlig weiß, die andere völlig schwarz überzogen, jede dieser Scheiben wird dann in eine bestimmte Anzahl gleicher Sectoren getheilt und nach der Reihe 1, 2, 3.... Sectoren mit sehr dunkelm Blau (Berlinerblau) überklebt; durch schnelle Umdrehung wird jede Scheibe ein gleichförmiges Ansehen erhalten, und diese Nüancen, welche in arithmetischer Progression von Weiß bis zu dem dunkelsten Schwarz wachsen, werden dann benutzt, um die Grade des Cyanometers zu bestimmen [43]).

Völlig verschieden ist das Princip, welches dem von Arago vorgeschlagenen Cyanometer zum Grunde liegt [44]). Wird eine Platte von Bergkrystall senkrecht auf ihre Axe geschnitten, so erscheint diese bei hinreichender Dicke vollkommen dunkelblau, wenn ein vollkommen polarisirter Strahl hindurchgegangen ist und dann auf einem schwarzen Spiegel unter dem Winkel der vollständigen Polarisation aufgefangen wird. War aber das hindurchgehende Licht nicht vollkommen polarisirt, so gehen die nicht polarisirten Strahlen vollkommen weiß hindurch, das Auge erhält also eine Mischung weißer und blauer Strahlen und die Platte erscheint heller, desto mehr, je größer die Menge natürlicher Strahlen ist. Wenn man daher an einem gewöhnlichen Polarisationsapparate den ersten Spiegel beweglich macht, so ist man im Stande eine beliebige Menge polarisirter und natürlicher Strahlen zum Auge gelangen zu lassen und kann so jede beliebige Schattirung von Blau hervorbringen. Es ist mir nicht bekannt, ob Arago diese Vorrichtung in der Folge zu Messungen benutzt hat; er selbst machte schon auf mehrere Vorsichtsmaaßregeln, namentlich auf die Schwierigkeit aufmerksam, weißes nicht polarisirtes Licht zu erhalten.

Es ist bereits erwähnt daß die Bläue des Himmels nicht an allen Stellen eines Vertikalkreises dieselbe sey. Schon Sauſſure stellte hierüber mehrere Messungen an. So fand er in Genf

43) Parrot Physik der Erde §. 278. S. 402.

44) Ann. de chimie IV, 98.

am 21sten April um Mittag an verschiedenen Stellen desselben Vertikalkreises folgende Größen [45]):

Höhe	Cyanometer
1°	4°,0
10	9,0
20	13,0
30	15,5
40	17,5
50	19,0
60	20,0

Je weiter wir uns also vom Zenith entfernen, desto größer wird die Beimengung von Weiß. Und eben dieses Verhältniß findet auch noch in der Nähe des Aequators Statt. So fand Humboldt auf dem atlantischen Meere am 4ten Julius 1799 in 16° 19′ N die folgenden Größen [46]):

Höhe	Cyanometer
1°	3°,0
10	6,0
20	10,0
30	16,5
40	18,0
60	22,0
80	23,5

Hier ändert sich die blaue Farbe sehr nahe wie der Cosinus der Zenithdistanz. So giebt z. B. eine Reihe von Messungen, welche Humboldt am 30sten Junius 1799 in 18° 53′ N anstellte [47]), den Ausdruck

$$K\gamma = 25{,}44 \cos \gamma$$

wo $K\gamma$ der Grad des Cyanometers ist, welcher in der Zenithdistanz γ Statt fand. Die folgende Tafel enthält die beachteten und die nach diesem Ausdrucke berechneten Größen.

45) Mém. de Turin IV, 423.

46) Humboldt Voyage II, 122.

47) Ders. a. a. O.

Digitized by Google

Höhe	Cyanometer: Beobachtet	Berechnet	Unterschied
90°	22°,4	23°,4	+ 1°,0
70	22,4	22,0	— 0,4
60	21,0	20,3	— 0,7
50	18,3	18,0	— 0,3
45	15,5	16,6	+ 1,1
30	12,0	11,7	— 0,3
20	8,5	8,0	— 0,5
10	4,0	4,1	+ 0,1
1	2,5		

Die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen ist so, als man es bei Untersuchungen dieser Art erwarten kann; die letzte Beobachtung in einer Höhe von 1° läßt sich jedoch nicht mehr durch diesen Ausdruck darstellen, da es erforderlich seyn würde, bei dieser großen Zenithdistanz auf die Krümmung der Atmosphäre Rücksicht zu nehmen.

Es ist bereits früher erwähnt, daß die Farbe des Himmels auf hohen Bergen dunkler ist, als in den Ebenen. Den Gemsenjägern und Hirten in den Alpen war diese Erscheinung seit langer Zeit bekannt, jedoch machte zuerst de Luc die Physiker darauf aufmerksam [47]). Erst durch Saussure [48]) und später durch Humboldt [49]) haben wir genauere Untersuchungen darüber erhalten, doch sind dieses auch fast die einzigen mir bekannten Messungen. Während seines Aufenthaltes auf dem Col du Géant im Jahre 1788 beobachtete Saussure das Cyanometer, während Sénebier und Pictet dieses in Genf, L'Evesque in Chamouni thaten. Um Mittag war die Färbung des Zenithes auf dem Col

47) De Luc Modific. de l'atm. IV, 117. §. 930. Indem er von seiner Excursion auf den Buetglätscher spricht, ist er ganz begeistert von diesem Ansehen des Himmels: Jamais nous n'avions vu le ciel de cette couleur. Il étoit d'un bleu vif et foncé en même tems, qui produisoit une sorte de sensation d'immensité, qui est inexprimable.

48) Mém. de Turin IV, 418.

49) Humboldt Voyage II, 118.

du Géant 31°,0, in Chamouni 18°,9 und in Genf 22°,5 [50]), jedoch am 15ten Julius Mittags bei einem sehr schönen Himmel stieg die Farbe im Zenith selbst bis zu 37° [51]). Noch dunkler erschien der Himmel auf der Spitze des Mont-Blanc, indem er hier dem 39sten Grade entsprach [52]).

Ueber die Ursache dieser Farbe, welche Herschel [53]) für ein Blau der ersten Ordnung hält, sind mancherlei Hypothesen aufgestellt worden, doch verdienen die älteren derselben keine Beachtung, da sie zugleich mit der ganzen frühern Farbenlehre zusammenfallen. Erst Newton [54]) gab auch hierüber eine richtigere Ansicht. Darnach sind die Lufttheilchen zwar im hohen Grade durchsichtig, sie wirken jedoch nicht auf alle Strahlen des Spectrums mit gleicher Intensität, sondern indem sie vorzugsweise die rothen hindurchgehen lassen, reflectiren sie die blauen. Mehrere Physiker, wie Hutton [55]), Melville [56]), Mollet [57]), Saussure [58]) u. a., haben sich bemüht, diese Ansicht zu beweisen. Daß diese Färbung nur vorzugsweise von reflectirtem Lichte herrühre und daß die Lufttheilchen nicht etwa eine eigenthümliche Färbung besitzen, welche uns erst in größeren Massen erscheint, geht besonders aus einer von Saussure erwähnten Thatsache hervor. Wäre nämlich die Luft selbst blau, so müßten entfernte Schneeberge blau erscheinen, was aber bei heiterm Wetter nie der Fall ist. Eben diese Reflexion der blauen Strahlen beweist nicht nur die bereits erwähnte Polarisation der reflectirten Strahlen, sondern auch ein Versuch von Hassenfratz [59]). Wird das prismatische Spectrum bei verschiedener Höhe der Sonne gemessen, so wird seine Länge desto kleiner, je tiefer die Sonne steht. Das Sonnenbild, welches bei

50) Mém. de Turin l. l. Saussure Voy. IV, 290. §. 2084.

51) Saussure Voy. IV, 294. §. 2086.

52) Mém. de Turin IV. 420. Saussure Voy. IV, 198. §. 2009.

53) Herschel vom Licht §. 1143.

54) Newton Optice L. II. p. 3. prop. 7. p. 197.

55) Hutton Dictionary II, 403.

56) Edinburgh Essay II, 75.

57) Nollet Leçons de physique VI, 17.

58) Saussure Voyages IV, 289. §. 2083 Anmerk.

59) Annales de chimie (ältere Reihe) LXVI, 60.

Digitized by Google

hohem Stande der Sonne eine Länge von 185 Millimetern hatte, wurde am 15ten Januar 1805 gegen die Zeit des Sonnenuntergangs auf 70^{mm} verkürzt und dabei fehlten die Strahlen auf der blauen Seite so sehr, daß das ganze Farbenbild nur aus Roth, Orange und Grün bestand, unstreitig deshalb, weil die blauen Strahlen auf dem langen Wege durch die Atmosphäre verloren gegangen waren. Eben diesen großen Mangel der blauen Strahlen bemerkt man bei Regenbögen, welche kurz vor dem Untergange der Sonne erscheinen.

Indem die blauen Strahlen zum Auge gelangen, wird ihre Schattirung durch das dunkle Himmelsgewölbe verstärkt; andrerseits dagegen wirken die Nebelbläschen dahin, dem Himmel ein weißes Ansehen zu geben, indem diese uns in größerer Entfernung weiß erscheinen. Erheben wir uns bis zu bedeutenden Höhen in die Atmosphäre, so lassen wir einen großen Theil dieser Dunstbläschen unter uns; indem also einerseits die weißen Strahlen in geringerer Zahl zum Auge gelangen, andererseits aber der dunkle Himmel durch eine geringere Anzahl von Licht reflectirenden Theilchen verdeckt wird, nimmt die blaue Farbe an Intensität zu. Aus demselben Grunde ist auch der Himmel in der Nähe des Zenithes dunkler als am Horizonte. Es scheint außerdem, als ob die mittlere Höhe, bis zu welcher sich diese Dunstbläschen erheben, bedeutend kleiner sey, als die der ganzen Atmosphäre, und wir erhalten daher in der Nähe des Horizontes verhältnißmäßig mehr weiße Strahlen, als in größerer Höhe.

Wie groß dieser Einfluß der Dunstbläschen auf die Schattirung des Himmels sey, wird besonders dadurch bewiesen, daß an der Meeresküste der Himmel bei einerlei Zenithdistanz auf der Landseite dunkler ist, als auf der Seeseite [60]). Aus demselben Grunde ist auch die blaue Farbe nicht zu allen Tageszeiten gleich. So wie nämlich die Wärme zunimmt, werden die Bläschen zum Theil aufgelöst und die Schattirung wird dunkler. Schon Saussure machte hierüber mehrere Erfahrungen. Im Mittel er-

60) Humboldt Voyage II, 123.

gaben sich während seines Aufenthaltes auf dem Col du Géant folgende Größen: [61])

Zeit	Farbe im Zenith			Farbe am Horizonte	
	Col du Géant	Chamouni	Genf	Col du Géant	Chamouni
$4^{h'}$	15°,6	14°,7	. . .	4°,7	5°,5
6	27,5	15,1	14°,7	7,5	7,0
8	29,2	17,2	21,0	8,4	8,5
10	31,0	18,1	22,6	9,7	8,6
Mittag	31,0	18,9	22,5	11,5	9,1
2	30,6	19,9	20,6	7,6	9,3
4	24,0	19,9	20,4	5,5	8,8
6	18,7	19,8	16,3	4,7	8,4
8	5,5	16,4	. . .	0,0	5,0
Mittel	25,6	17,8	19,7	6,6	7,8

Wir erkennen also hier eine regelmäßige Zunahme bis zur Zeit des Mittages; jedoch ist nach diesen Messungen der Himmel am Vormittage bei gleicher Sonnenhöhe etwas dunkler, als nach der Culmination. Im Mittel aller drei Orte finden wir nämlich in der Nähe des Zenithes

um 6^h Morgens 19°,1, um 6^h Abends 18°,3
8 — 22,5, 4 — 21,4
10 — 23,9, 2 — 23,7

Der Grund liegt wohl darin, daß der aufsteigende Luftstrom am Nachmittage noch unaufhörlich Dämpfe nach den oberen Regionen führt und daß dadurch die Einwirkung der Wärme auf die Verminderung der Dunstbläschen verhindert wird. Die Beobachtungen, welche Humboldt im September 1799 zu Cumana anstellte [62]), so wie diejenigen auf dem atlantischen Meere [63]) scheinen dafür zu sprechen, daß das Maximum erst einige Zeit nach der

61) Mém. de Turin IV, 418 u. 421. Saussure Voyages IV, 290. §. 2084. 2085.

62) Humboldt Voyage XI, 13.

63) Das. II, 123.

Culmination der Sonne eintrete. So geben die Beobachtungen auf dem atlantischen Meere

	in 18° 53′ N	in 16° 19′ N
$6\frac{1}{2}^h$ Morg.	17°	19°
10	21	22
Mittag	22,4	23,5
2	22	23
$6\frac{1}{2}^h$	18	20,5

An beiden Tagen ist also hier der Himmel um 2^h Abends dunkler, als um 10^h Morgens.

Die oben mitgetheilte Tafel von Sauſſure zeigt noch einige zu beachtende Umstände. Obgleich nämlich Chamouni höher liegt, als Genf, so ist doch der Himmel im Zenith des letztern Ortes dunkler; ein Beweis, daß die Menge der niedergeschlagenen Dämpfe in dem engen Thale von Chamouni größer ist. Schon Sauſſure leitete diese Verschiedenheit davon ab, daß über einem engen Thale mehr Dämpfe vorhanden seyen, als über einer freien Ebene, weil dort nicht blos der Boden, sondern auch die umgebenden Wände verdunsten. Ich möchte dazu noch die größere Lebhaftigkeit der auf- und absteigenden Ströme rechnen, durch welche Luftschichten von ungleicher Temperatur gemischt werden, und dadurch die Condensation befördern. Dagegen treffen wir noch auf einen Umstand, welcher von der gewöhnlichen Erfahrung, daß die Oscillationen der meteorologischen Instrumente in den höheren Luftschichten geringer sind, als in der Tiefe, abweicht. Während nämlich der Unterschied der täglichen Extreme auf dem Col du Géant 25°, also nahe die Hälfte der ganzen Scale beträgt, ist er in Chamouni nur 5°. Am Abende nämlich, wo der aufsteigende Luftstrom viele Dämpfe herbeigeführt hatte, wurden diese von den bedeutenden Schneemassen condensirt und daher sank die Farbe so schnell gegen Weiß. In dem mehrere Stunden entfernten Thale von Chamouni mochte diese Condensation weniger bedeutend seyn und daher war der Himmel hier am Abend dunkler, als in der Höhe [64]).

64) Daß der Himmel am Horizonte in Chamouni im Mittel des ganzen Tages dunkler war, als auf dem Col du Géant, leitet Sauſſure bereits davon her, daß der scheinbare Horizont dort 4 bis 5° über dem wahren, hier aber sogar noch unter dem wahren liegt.

Digitized by Google

Ueber die Färbung des Himmels in verschiedenen Jahreszeiten und in verschiedenen Klimaten besitzen wir bisher nur wenige Messungen. Allgemeine Angaben der Reisenden über die schöne Bläue des italiänischen Himmels, im Gegensatze der Erscheinungen in Deutschland, lassen keine genauere Vergleichung zu. Alles was wir bis jetzt darüber besitzen, ist dasjenige, was Humboldt hierüber mittheilt [65]).

„Aus einer Vergleichung meiner cyanometrischen Beobachtungen ergiebt sich, daß die blaue Farbe des Himmelsgewölbes von den Küsten Spaniens und Afrikas bis zu denen von Süd-Amerika allmählig von 13° bis 23° gewachsen ist. Vom 8ten bis 10ten Julius, wo ich mich zwischen den Parallelkreisen $12\frac{1}{2}°$ und 14° befand, war der Himmel sehr blaß, ohne daß sich jedoch Nebelbläschen zeigten. Das Cyanometer gab im Zenith zwischen Mittag und 2 Uhr Abends nur 16° bis 17°, obgleich ich an den vorhergehenden Tagen 22° gefunden hatte. Im Allgemeinen war die Farbe des Himmels in der heißen Zone dunkler als in höheren Breiten; außerdem aber habe ich gefunden, daß bei einerlei Breite der Himmel über dem Meere blasser ist, als im Innern der Länder." In Cumana [66]) war die Färbung im Zenith Mittags meistens identisch mit 22 bis 24° des Cyanometers, während sie in Paris gewöhnlich nur 16° beträgt.

Aus der Combination der ungleichen Färbung und Helligkeit der verschiedenen Theile der Atmosphäre ergiebt sich die scheinbare Gestalt des Himmelsgewölbes. Wenn wir uns im Freien befinden, so glauben wir bei heiterem Wetter ein gekrümmtes Gewölbe über uns zu sehen, jedoch entdecken wir bei größerer Aufmerksamkeit, daß wir es nicht mit einer Halbkugel zu thun haben. Schon Treiber untersuchte im Jahre 1668 den Gegenstand, jedoch war er bei der Bestimmung der scheinbaren Gestalt des Himmels nach Kästner's Urtheile nicht glücklich [67]). Smith sah den Himmel als ein kugelförmiges Gewölbe an, dessen Mit-

65) Humboldt Voyage II, 118.

66) Das. XI, 14.

67) De figura et colore coeli apparente. Jena 1668. Mir war es nicht möglich diese Dissertation zu erhalten. Kästner zu Smith's Lehrbegriff der Optik. 4. Altenburg 1755. S. 57 Anmerk.

Digitized by Google

telpunkt er zu bestimmen suchte; mir hat es häufiger geschienen, als ob ein durch das Zenith gehender Bogen desselben eine Ellipse wäre, deren große Axe horizontal läge. Da es jedoch bei dieser ganzen Untersuchung nur auf eine Schätzung ankommt, so will ich die Betrachtung von Smith in der Kürze angeben.

Wenn man auf einer freien Ebene den heitern Himmel betrachtet und nun kleine Wolken, oder den Mond genau fixirt und ihre Zenithdistanz durch Schätzung bestimmt, so weichen diese Größen mehr oder weniger von den wahren ab. Scheint es z. B. als ob der Mond oder eine kleine Wolke den Bogen zwischen Zenith und Horizont halbire, so sollte man vermuthen, daß diese Körper sich in einer Höhe von 45° befänden. Nach Smith [68]) beträgt dieser Winkel nur etwa 23°; er fügt hinzu, wenn die Sonne 30° war, habe ihm der obere Bogen allemal kürzer geschienen, als der untere, während das Gegentheil bei einer Höhe von 18 bis 20° Statt fand.

Aus dieser Angabe läßt sich nach Kästner die scheinbare Gestalt des Himmels auf folgende Art herleiten. Nehmen wir an, das Kreissegment ACK (Taf. I. Fig. 4.) sey ein Durchschnitt des scheinbaren Himmelsgewölbes, dessen Mittelpunkt unter dem Horizonte in E liegt, so können wir angeben, wie groß der Halbmesser des Kreises sey, in welchem die Bögen AB und BC einerlei Länge haben. Es sey OB = e, BE = x, sin BOA = s, sin BOC = c, so wird

$$BQ = BO \cdot \sin BOC = c \cdot e$$

$$OQ = BO \cdot \cos BOC = es$$

$$\sin BEC = \frac{BQ}{BE} = \frac{ce}{x}$$

$$\sin AEC = \sin . 2\,BEC = \frac{2ce}{x}\sqrt{\left(1 - \frac{c^2e^2}{x^2}\right)}$$

$$= \frac{2ce}{x}\sqrt{\left(x^2 - c^2e^2\right)}$$

$$AO = x \sin . AEC = \frac{2ce}{x}\sqrt{\left(x^2 - c^2e^2\right)}$$

68) Lehrbegriff der Optik S. 56.

In dem rechtwinkligen Dreiecke AEO ist ferner

$$EO^2 = AE^2 - AO^2 = x^2 - \frac{4c^2e^2}{x^2}\left(x^2 - c^2e^2\right)$$

$$= x^2 - 4c^2e^2 + \frac{4c^4e^4}{x^2}$$

$$EO = x - \frac{2c^2e^2}{x}, \text{ mithin}$$

$$CO = CE - EO = \frac{2c^2e^2}{x}$$

Es ist ferner

$$CO = CQ + OQ = x - \sqrt{\left(x^2 - e^2c^2\right)} + es$$

Werden die beiden Werthe von CO einander gleich gesetzt, so wird

$$\frac{2c^2e^2}{x} = x - \sqrt{\left(x^2 - e^2e^2\right)} + es$$

und hieraus ergiebt sich nach Anbringung der Reductionen

$$o = x^3 - \frac{es^2 - 8c^2e}{2s}x^2 - 2c^2e^2x + \frac{2c^4e^3}{s}$$

Setzen wir $e = 1$ und $\angle AOB = 23°$, $BOC = 67°$, so wird

$$o = x^3 - 3{,}058x^2 - 1{,}695x + 3{,}675.$$

Eine der Wurzeln dieser Gleichung ist $x = 3{,}25$, die zweite ist nahe 1 und die dritte negativ; da jedoch der Himmel als ein flach eingedrücktes Gewölbe erscheint; so ist nur die erstere dieser drei Wurzeln bei vorliegender Untersuchung brauchbar. Hieraus ergiebt sich das Verhältniß zwischen den beiden Größen AO und CO. Setzen wir nämlich in den Ausdruck $CO = \frac{2c^2e^2}{x}$ die eben gefundenen Größen, so wird $OC = 0{,}52$ für $e = 1$; ferner $BQ = 0{,}9205$; daraus $\sin BEC = \frac{BQ}{BE} = \sin 16° 34'$, $AEC = 33° 8'$ und $AO = AE \cdot \sin 33° 8' = 1{,}7655$; folglich verhält sich

$$CO : AO = 0{,}52 : 1{,}7655 = 1 : 3{,}4$$

Es erscheint uns demnach das Himmelsgewölbe dergestalt, daß der im Horizonte liegende Punkt 3,4 Mal weiter zu seyn scheint, als der im Zenith liegende.

Digitized by Google

Bei dieser Bestimmung wurde vorausgesetzt, daß das scheinbare Himmelsgewölbe wirklich ein Kugelsegment sey. Ich habe bereits erwähnt, daß es mir sehr häufig vorgekommen ist, als ob ein Durchschnitt dieses Gewölbes eine Ellipse sey, jedoch wird die Berechnung beider Axen derselben sehr weitläufig, so daß ich bei dieser ohnehin stets etwas unsichern Schätzung nicht länger verweilen will. Zwar bemerkt Smith, die Hypothese einer kugelförmigen Gestalt stimme ganz mit seinen Beobachtungen überein; er habe nämlich zu verschiedenen Zeiten in der Nähe des Horizontes und des Zenithes je zwei Sterne aufgesucht, deren Abstände gleich zu seyn schienen, und wenn er dann diese scheinbaren Entfernungen mit den wahren verglich, so ergab sich das Verhältniß allemal so, wie es aus dieser Voraussetzung folgte. Brandes [69]) bemerkt jedoch mit Recht zu diesen Aussprüchen von Smith, daß sehr viele Beobachtungen erforderlich seyen, wenn man ein richtiges Resultat erhalten wolle.

Da übrigens das ganze Phänomen nur auf einer Täuschung beruht, so ist es wahrscheinlich, daß nicht jeder Beobachter genau dieselbe Größe finden wird; vielleicht auch, daß die Beschaffenheit der Himmelsfarbe einigen Einfluß darauf hat. Um jedoch zu zeigen, daß die Schätzungen sich im Allgemeinen wenig von der Bestimmung von Smith entfernen, füge ich aus meinen Aufzeichnungen folgende Größen hinzu. Zwei Messungen bei einem mit dünnen Cirrostratis überzogenen Himmel gaben mir im Junius 1832 von der Spitze des Rigi gegen den nördlichen Horizont im Mittel 24° für die Hälfte des Himmels, wobei ein kleiner Cumulus diesen Halbirungspunkt angab. Am 18ten Julius 1832, wo ich bei sehr heiterm Himmel von Brunnen nach Flüelen fuhr, schien ein Cumulus den Himmel zwischen meinem Zenith und den Ufern des Vierwaldstätter-Sees in der Richtung des Bristenstockes zu halbiren, die Höhe dieses Halbirungspunktes betrug 24° 15′. Am 30sten September 1832, wo ich mich auf der Spitze des Faulhornes befand, zeigte sich am nordwestlichen Horizonte bis zu einer Höhe von mehreren Graden eine Bank von Cirrostratis, der höhere Theil des Himmels war heiter, der Halbirungspunkt lag in einer Höhe von 19° 20′; gegen NO war der Himmel bis zum

69) Gehler's Wörterbuch N. A. V, 261.

Horizonte rein blau, und hier schien der Halbirungspunkt in einer Höhe von 22° zu liegen, doch ist diese zweite Schätzung nicht so sicher, als die erste.

Die Ursache dieser Gestaltung des Gewölbes liegt in der ungleichen Erleuchtung und Färbung der verschiedenen Theile des Himmels. Der Himmel in der Nähe des Horizontes, wo das mit vielem Weiß vermischte Blau nicht so lebhaft erscheint, als in der Nähe des Zenithes, scheint uns wegen dieser geringeren Deutlichkeit entfernter zu seyn; dazu kommt, daß wir auf der Oberfläche der Erde noch sehr viele Gegenstände sehen, wodurch ebenfalls die Idee einer größern Distanz in horizontaler Richtung hervorgerufen wird. Daß es jedoch vorzugsweise der erstere Umstand ist, welcher bei dieser Täuschung die Hauptrolle spielt, geht aus dem Umstande hervor, daß der Himmel auf Bergen, wo die Anzahl der bis zum Horizonte sichtbaren Gegenstände größer ist, dieselbe Gestalt zu haben scheint, als auf Ebenen.

Ehe ich die Erscheinungen verfolge, welche der heitere Himmel bei niedrigem Stande der Sonne oder kurz nach dem Sonnenuntergange von diesen zeigt, will ich einige Bemerkungen über die Farbe der Wolken am Tage hinzufügen. Diese erscheinen uns bei hohem Stande der Sonne mehr oder weniger weiß, an den Rändern oft ungemein hell glänzend, während sie am Abend oder Morgen ein röthliches Ansehen haben. Diese weiße Farbe, welche wir besonders an den dem Cirrus verwandten Modificationen wahrnehmen, entsteht indessen aller Wahrscheinlichkeit nach nur aus einer Mischung aller prismatischen Farben. Es ist nämlich gewiß, daß die Nebelbläschen auf ihrer Oberfläche die Newtonschen Ringe zeigen, wovon sich Kratzenstein durch directe Versuche überzeugt hat und wie es auch aus ihrem Bau von selbst folgt. Die Wolken zeigen daher diese weiße Farbe aus demselben Grunde als Seifenschaum, welche bei näherer Untersuchung ebenfalls verschiedenartig gefärbt erscheint. Wenn Stücke einer Wolke theilweise beschattet werden, so erscheinen sie weniger weiß, sondern mehr grau, besonders zeigt sich dieses bei den dichteren Regen- und Gewitterwolken.

Außer den zuletzt genannten Wolken giebt es noch eine besondere Gattung, welche sich besonders im Sommer zwischen Regenschauern öfter zeigt und sich durch die graue Farbe auszeichnet.

Mei-

Digitized by Google

Meistens sind es lockere Fasern, gekräuselten Cirris ähnlich, welche die englischen Seefahrer mit dem Namen Scuds bezeichnen [70]), und so lange sie häufig erscheinen, darf man auf kein heiteres Wetter rechnen. Daß diese dunkle Schattirung davon herrührte, daß sie nicht von den Strahlen der Sonne getroffen werden konnten, davon habe ich mich sehr häufig überzeugt. Eben dieses Grau habe ich in den Alpen öfter an Regenwolken wahrgenommen, welche unter mir fortzogen und von der Sonne beschienen wurden. Es scheint mir wahrscheinlich, daß die Hülle der Nebelbläschen in Regenwolken weit dicker sey, als bei Wolken, die sich bei schönem Wetter zeigen; die ursprünglichen Farben auf den Bläschen sind daher nicht in beiden Fällen dieselben; während wir nämlich in dem einen Falle die sehr reinen Farben der niederen Ordnungen erhalten, die bei ihrer Mischung ein sehr helles Weiß geben, werden im zweiten Falle die Farben der niederen Ordnungen reflectirt, die durch ihre Zusammensetzung ein dem Grau nahe kommendes Weiß hervorbringen.

Wenn eine Wolke von einem Theile der Atmosphäre das Licht abhält, so wird dahin ein Schatten geworfen und dieser Theil des Himmels erscheint etwas dunkler. Wenn im Sommer an schönen Tagen einzelne Cumuli am Himmel schweben, so lassen sich diese gebildeten Schattenstreifen oft bis zu sehr bedeutender Entfernung verfolgen. Weit häufiger sieht man das umgekehrte Phänomen, das sogenannte Wasserziehen der Sonne, welches schon die Alten als Vorboten von Regen ansahen [71]). Wenn nämlich der Himmel zum großen Theil mit Wolken, namentlich Cumulostratis, bedeckt ist, zwischen denen sich einzelne heitere Stellen zeigen, so scheint die Sonne durch diese Wolkenlücken; und die Nebelbläschen, der Staub und andere in der Atmosphäre schwebende Körper erscheinen als mehr oder weniger hell erleuchtete Streifen. Hat die Sonne eine mäßige Höhe, so erscheinen diese Streifen gleichsam als Strahlen, die von ihr ausgehen; ist sie dem Untergange nahe, so verbreiten sich die Streifen in Gestalt von großen Kreisen an der Himmelskugel, und sie würden an einem Punkte des Himmels zusammentreffen, welcher der Sonne diametral

70) Forster Wolken S. 24.

71) Aristot. Meteor. III, 2. Virg. Georg. I, 445.

entgegengesetzt wäre. Diese Streifen sind vollkommen parallel, und nur die ungleiche Entfernung von dem Auge ist Ursache der scheinbaren Krümmung. Ich habe bereits früher die Herleitung dieser scheinbaren Gestalt gegeben [72]), so daß ich hier nicht länger dabei verweilen will. Diese Erscheinung, welche bereits Smith ausführlich beschrieben hat [73]) und welche nach Brewster sehr selten seyn soll [74]), zeigt sich bei genauerer Aufmerksamkeit wenigstens in Deutschland öfter, und Kries beschreibt dieselbe ausführlich [75]). Eben so sah Arago dieselbe während eines zweimonatlichen Aufenthaltes auf Formentera wenigstens 20 Mal [76]).

Der gewöhnliche Glaube, daß das Wasserziehen der Sonne Regen bedeute, ist allerdings nicht ganz ohne Grund. Es zeigt sich nämlich das Phänomen vorzugsweise nur bei niedrigem Stande der Sonne, dann aber sind an schönen Tagen die Wolken entweder bereits verschwunden, oder sie sind doch ihrer Auflösung nahe; ausgedehnte Massen, zwischen denen sich nur einzelne Lücken zeigen, sind nicht vorhanden. Nur dann, wenn die Atmosphäre so viel Dämpfe enthält, daß ein großer Theil des Himmels bewölkt ist, sind die Umstände hinreichend günstig zu seiner Entstehung. Zwischen den Wendekreisen, wo die Regen meistens zur Zeit der größten Tageswärme erfolgen, während Morgen und Abend heiter sind, scheint das Phänomen selten zu seyn, wenigstens bemerkt dieses Winterbottom von der Sierra-Leone-Küste [77]).

Nachdem wir die wichtigsten Erscheinungen betrachtet haben, die sich auf die Schwächung des Sonnenlichtes und die Färbung der Atmosphäre bei höherem Stande der Sonne beziehen, wenden wir uns zu denjenigen Phänomenen, welche zur Zeit des Sonnenunterganges wahrnehmbar sind und welche wir mit dem Namen Dämmerung bezeichnen wollen, indem wir dazu auch die Erscheinungen der Morgen- und Abendröthe rechnen. Wir werden hier nur vorzugsweise den Vorgang bei der Abenddämmerung

72) Bd. I. S. 391.
73) Lehrbegriff der Optik S. 420.
74) Edinb. Journ. of Sc. II, 136.
75) Poggendorff's Ann. V, 90.
76) Ann. de chimie XXX, 429.
77) Winterbottom Nachrichten von der Sierra-Leone-Küste S. 38.

Digitized by Google

verfolgen, indem am Morgen die Erscheinungen fast auf dieselbe Art in umgekehrter Ordnung erfolgen.

Wenn sich an heitern Tagen die Sonne dem Horizonte nähert, so wird das Licht der scheinbar neben der Sonne liegenden Theile der Atmosphäre gelber; die von diesen Lufttheilchen reflectirten Strahlen, welche einen weiten Weg durch die Atmosphäre zurücklegen müssen, verlieren einen großen Theil des blauen Lichtes, und so gelangen zu uns nur die auf der rothen Seite des Spectrums liegenden Farben. Dabei wird zugleich der Himmel in der Nähe des Zenithes weißer, die Helligkeit nimmt von diesem bis zum westlichen Horizonte auffallend zu. Allmählig zeigt sich an dem der Sonne gegenüber liegenden östlichen Himmel eine auffallende Röthung, welche ihr Maximum erreicht, so wie die Sonne unter den Horizont sinkt. Es rührt diese Röthung von den letzten Strahlen der untergehenden Sonne her, die nach jener Himmelsgegend nur größtentheils rothe Strahlen schicken kann, welche bei dem zweiten Durchgange durch die Atmosphäre bis zum Beobachter noch die letzten blauen Strahlen verlieren. Je nach der Beschaffenheit der Atmosphäre schwankt diese Farbe am östlichen Himmel zwischen lebhaftem Feuerroth oder tiefem Purpurroth; eben so kann die Farbe am westlichen Himmel, die Abendröthe, zwischen einem schönen Goldgelb und einem tiefen Roth schwanken, doch ist diese Röthung nie so dunkel als diejenige am östlichen Himmel.

Sinkt die Sonne etwas unter den Horizont, so bemerkt man am östlichen Himmel ein mehr oder weniger deutliches Segment von tief blauer Farbe, über welchem die vorher erwähnte Röthung noch fortdauert. Die Gränze zwischen dem blauen Segmente und diesem rothen Gürtel ist meistens ziemlich scharf begränzt; wenn die Umstände günstig sind, so kann man zwischen beiden einen weißen oder gelben Rand unterscheiden, aber die Schwäche und Ungleichheit der Farbe macht ihn oft unmerklich [78]). Mairan, welcher zuerst auf dieses blaue Segment aufmerksam machte, nannte es Nachdämmerung oder Gegendämmerung [79]); der höchste Punkt dieses Segmentes steht der Sonne gegenüber und es giebt

78) Bergmann Beschreibung der Erdkugel II, 63. §. 125.

79) Mairan Traité de l'aurore boréale éd. 2. p. 79. Funk de coloribus coeli p. 144. Bergmann l. l.

dasselbe die Gränze des Erdschattens an; dieser nicht mehr von der Sonne beschienene Theil der Atmosphäre wird von dem zerstreuten Lichte erleuchtet, und da die von den Lufttheilchen reflectirten Strahlen vorzugsweise blau sind, so wird dieses auch die Farbe der von ihnen erleuchteten Gegend seyn. So lange die obere Gränze des Erdschattens noch eine geringe Höhe hat, wird die rothe Färbung am westlichen und östlichen Himmel allmählich nach oben verwaschen, bei einer reinen, wenig Nebelbläschen enthaltenden Luft ist das Zenith dann noch blau; hatte aber der Himmel am Tage eine weißliche Farbe, so erscheint oft der ganze Himmel mehr oder weniger purpurfarben, weil wir nun im Zenith außer den blauen von der Luft reflectirten Strahlen auch die rothen von den tiefer liegenden Dampfbläschen erhalten. Allmählich rückt die Gränze des Erdschattens durch das Zenith, der Himmel erscheint hier blau, die Röthung am westlichen Himmel wird dabei dunkler und einzelne helle Sterne werden sichtbar. Zuweilen geschieht es, daß sich an dem dunkeln östlichen Himmel noch auf kurze Zeit eine schwache Röthung zeigt. So wie die Sonne tiefer sinkt, wird auch das rothe Segment am westlichen Himmel mehr oder weniger scharf begränzt, über ihm zeigt sich ein weißer, bogenförmig begränzter Raum, welchen man nach Brandes[80]) den Dämmerungsschein nennen kann. So wie die Sonne tiefer sinkt, nimmt die Helligkeit ab, und endlich werden die meisten Sterne sichtbar. Den Moment, wo die Sterne sechster Größe sichtbar werden, wollen wir als das Ende der Dämmerung ansehen. Man bezeichnet diese Dauer der Dämmerung zuweilen mit dem Namen der astronomischen, um sie von der bürgerlichen zu unterscheiden, welche dann ein Ende erreicht, wenn die meisten Arbeiten im Freien beendet seyn müssen.

Wäre uns die Höhe der Luftschichten bekannt, welche noch im Stande sind, eine hinreichende Menge von Licht zu reflectiren und ließe sich die Menge der von ihnen zurückgeworfenen Strahlen mit Genauigkeit angeben, so ließe sich daraus die Dauer der Dämmerung herleiten. Es stelle ABC (Taf. I. Fig. 5.) die Oberfläche der Erde vor, DEFG die Gränze der Luftschicht, welche noch im Stande ist, Lichtstrahlen in erheblicher Menge zu reflecti-

80) Gehler's Wörterbuch N. A. II, 271.

ren. Geht nun die Sonne dem Beobachter in A unter, so wird der Theil DE der Atmosphäre noch direct von der Sonne erleuchtet, und wenn EBF die Erde in B berührt, so sieht ein in B befindlicher Beobachter noch die äußerste Gränze der von der Sonne erleuchteten Luft am westlichen Horizonte; der Theil FE der Atmosphäre erhält aber durch die erleuchtete Luft über DE noch etwas Licht, und wenn FCG eine Tangente der Erde ist, so erhält die über FG befindliche Atmosphäre Strahlen, welche zum zweiten Male reflectirt sind u. s. w. Wir können daher theoretisch wenigstens eine Hauptdämmerung von einer zweiten Dämmerung unterscheiden [81]).

Die Tiefe, welche die Sonne beim Ende der Dämmerung hat, wird sehr verschieden angegeben. Die bekanntesten Bestimmungen sind folgende:

Strabo [82])	17° 30′
Alhazen [83]) und Vitellio [84]) . .	19. 0
Nonius [85]) nach Beobachtungen in Portugall	16. 0
Joseph Blancanus [86]) und Gassendi [87]), denen auch die meisten Physiker beistimmen, wie Lambert [88]), Brandes [89]) u. A.	18. 0
Tycho de Brahe [90]) und Cassini [91])	17. 0
Rothmann [92])	24. 0
Riccioli [93]) nach Beobachtungen in Bologna	
bei den Nachtgleichen	
Morgendämmerung . . .	16. 0
Abenddämmerung	20. 30
beim Sommersolstitium, Morgendämmerung	21. 50
beim Wintersolstitium, Morgendämmerung	17. 25

81) Brandes in Gehler's Wörterbuch N. A. II, 272.
82) Strabo Geogr. Paris 1620. p. 135.
83) De crepusculis in Risneri thesaurus.
84) Opt. in Risneri thesaurus lib. X. p. 60.
85) Nonius de crepusculis prop. XVI.
86) Sphaera mundi, lib. VI. c. 5. und lib. X. c. 16.
87) Instit. astr. Paris 1647. p. 32.
88) Photometria §. 987.
89) Gehler's Wörterb. N. A. II, 264.
90) Epist. astron. lib. I. p. 129.
91) Gregorii Astron. Geom. et Phys. ed. 2. T. I. p. 188.
92) Bei Tycho de Brahe l. l.
93) Riccioli Almagest. nov. T. I. p. 89.

Digitized by Google

Gewöhnlich wird angenommen, daß die Tiefe der Sonne am Ende der Dämmerung 18° betrage, und wenn wir bei dieser Bestimmung stehen bleiben, läßt sich ihre Dauer für jeden Ort der Erde und für jeden Tag leicht berechnen. Der Portugiese Pedro Nunnez (Petrus Nonius) löste in der genannten Schrift dieses Problem zuerst für den Cardinal Heinrich, indem es den Portugiesen bei ihren ersten Reisen an der Westküste Africa's sehr auffallend war, daß die Dämmerung in niederen Breiten nur so kurze Zeit dauerte, und in der Folge haben sich mehrere Astronomen mit diesem Probleme beschäftigt [94]). Betrachten wir das Problem unter dem einfachen Gesichtspunkte, daß wir das Intervall zwischen dem Sonnenuntergange und dem Momente bestimmen, wo die Sonne eine Tiefe von 18° hat, so zeigt sich bei seiner Lösung durchaus keine Schwierigkeit. Bezeichnet nämlich z die Zenithdistanz der Sonne, φ die Polhöhe des Ortes, δ die Declination der Sonne und s ihren Stundenwinkel, so ist bekanntlich

$$\cos. s = \frac{\cos. z}{\cos. \delta . \cos. \varphi} - \text{tang. } \delta . \text{ tang. } \varphi$$

Am Ende der Dämmerung, wo die Zenithdistanz 108° beträgt, ist mithin der Stundenwinkel

$$\cos. s = \frac{\cos. 108^0}{\cos. \delta . \cos. \varphi} - \text{tang. } \delta . \text{ tang. } \varphi$$

Beim Anfange der Dämmerung, wo die Zenithdistanz 90° beträgt, erhalten wir für den Stundenwinkel s' die Gleichung

$$\cos. s' = - \text{tang. } \delta . \text{ tang. } \varphi$$

Die ganze Dauer der Dämmerung wird dann $\frac{s - s'}{15}$ Stunden. Wenn also δ und φ gegeben sind, so läßt sich daraus die Dauer der Dämmerung leicht berechnen. Es zeigt uns diese Formel, daß sie an demselben Tage in verschiedenen Breiten sehr ungleich sey. So beträgt sie z. B. beim Wintersolstitium am Aequator 1 Stunde 18 Minuten, in der Breite von 50° aber 2 Stunden 4 Minuten. Eben so überzeugt man sich, daß an demselben Orte der Erde wegen der Veränderlichkeit von δ die Dämmerung

94) So Clavius (Opera T. III. c. 3. p. 272). Aeltere Literatur bei Riccioli Almagest. I, 38.

nicht gleich lange dauert und daß sie zwei Mal im Jahre am kürzesten ist. Die allgemeine Bestimmung der Tage der kürzesten Dämmerung hat die Astronomen viel beschäftigt. Namentlich waren die Brüder Johann und Jacob Bernoulli [95]) länger als 5 Jahre mit diesem Probleme beschäftigt. Ohne mich bei der Lösung dieser Aufgabe zu verweilen [96]), genüge es hier, das Endresultat dieser Untersuchung anzugeben. Die Dämmerung ist an dem Tage am kürzesten, an welchem die Declination der Sonne, δ, bestimmt wird durch die Gleichung

$$\sin. \delta = \sin. \varphi . \text{tang. } 9^\circ$$

indem wir die Tiefe der Sonne von 18° zum Grunde legen. Hätten wir dafür irgend einen andern Winkel x genommen, so wäre

$$\sin. \delta = \sin. \varphi . \text{tang.} \frac{x}{2}$$

Für den Aequator ist die Dämmerung am kürzesten für die Tage der Aequinoctien, weil dann $\delta = o$, und dann dauert dieselbe 1 Stunde 12 Minuten; für die Breite von Halle ist sie am kleinsten am 2ten März und 11ten October und dauert dann 1 Stunde 57 Minuten.

So groß auch die Zahl der Astronomen ist, welche sich mit dieser Untersuchung beschäftigt haben, und so große Autoritäten wir auch darunter finden, so halte ich doch alle diese Arbeiten, deren Resultate ich so eben in der Kürze angegeben habe, für wenig fruchtbringend. Indem die Geometer die Aufgabe zu lösen bemüht waren, behielten sie nur den mathematischen Theil des Problems vor Augen und übersahen dabei ganz den physikalischen. Alle suchten den Moment auf, wo die Sonne eine Tiefe von etwa 18° hatte, vergaßen aber dabei ganz, zu fragen, ob denn dieses wirklich allenthalben auf der Erde die Zeit sey, wo die Dämmerung ein Ende habe. Diese Frage muß aber mit Nein beantwortet werden, und wir sind in der Bestimmung ihrer Dauer in ver-

95) Joh. Bernoulli Opera omnia. 4. Lausanne 1742. I, 64. Jac. Bernoulli Opera. 4. Genf 1744. I, 516. II, 1075.

96) Brandes in Gehler's Wörterb. N. A. II, 268. Schmidt mathem. u. phys. Geogr. I, 72. §. 102.

schiedenen Breiten und an demselben Orte in verschiedenen Jahreszeiten noch um keinen Schritt weiter, als zu der Zeit, wo Nonius von dem Cardinal Heinrich zu dieser Untersuchung aufgefordert wurde. Einige Bemerkungen mögen zum Beweise dieses hart scheinenden Ausspruches genügen.

Unter dem Ende der Dämmerung verstehen wir den Moment, wo die Dunkelheit der Nacht eine bestimmte Größe erlangt; ältere Astronomen haben in dieser Hinsicht die Regel gegeben, daß Sterne der sechsten Größe in der Nähe des Zenithes erscheinen müßten. Der Moment, wo letzteres geschieht, wird von zwei Ursachen bedingt, von der Schwächung der vom Sterne kommenden Strahlen und sodann von der Menge des in der Atmosphäre durch vielfache Reflexionen zerstreuten Sonnenlichtes, welches bei einer gewissen Stärke verhindert, daß das von einem kleinen Punkte kommende Licht einen hinreichenden Eindruck aufs Auge macht. Diese beiden Umstände hängen selbst innig zusammen. Je größer nämlich die Zahl der niedergeschlagenen Dämpfe ist, je matter also der Himmel bei Tage erscheint, desto mehr wird das Licht geschwächt, desto größer ist auch die Menge der reflectirten Strahlen, und die Dämmerung dauert daher länger. Im Innern Africa's, wo Bruce in Sennaar die Venus bei Tage sah, folgt nach den Bemerkungen aller Reisenden die Nacht kurze Zeit nach dem Untergange der Sonne. Schon jenseits der Alpen tritt die Dämmerung ungemein schnell ein: so ist es z. B. in Dalmatien eine halbe Stunde nach dem Untergange der Sonne vollkommen Nacht [97]). Noch kürzer ist sie zwischen den Wendekreisen: so dauert sie nach Acosta in Chili während der trockenen Jahreszeit nur eine Viertelstunde [98]); in Cumana nach Humboldt [99]) nur einige Minuten; eben so nach den Berichten von

97) Germar Dalmatien S. 115. Im Sommer giebt diese Bestimmung in einer Breite von 44° etwa eine Tiefe der Sonne von $4\frac{1}{2}$°. Wahrscheinlich liegt der Moment etwa in der Mitte zwischen dem Ende der bürgerlichen und astronomischen Dämmerung, aber selbst wenn wir nur bei der erstern stehen bleiben, so ist sie kleiner als in unsern Gegenden, wo die Tiefe der Sonne etwa $6\frac{1}{2}$° beträgt.

98) Riccioli Almagest. nov. I, 38. und Bergmann in den Schwed. Abh. 1760. S. 241.

99) Humboldt Voyage XI, 17.

Digitized by Google

Adanson an den Mündungen des Senegal, nach denen von Winterbottom an der Sierra-Leone-Küste, wie dieses auch Cunningham [100]) von Paramatta bemerkt. Dieses sind freilich Angaben für die Dauer der Dämmerung, welche von der durch die eben gegebene Rechnung gefundenen von 1 Stunde 12 Minuten bedeutend abweichen. Wir müssen daher nothwendig annehmen, daß in jenen Gegenden die Tiefe der Sonne am Ende der Dämmerung geringer sey, als in höheren Breiten; wie groß dieselbe aber in verschiedenen Gegenden sey, muß durch künftige Beobachtungen von Reisenden und Astronomen näher bestimmt werden.

Auffallend ist es schon in der obigen Tafel, daß Nonius, welcher seine Beobachtungen bei dem heitern Himmel von Portugall anstellte, die Tiefe der Sonne nur zu 16° angiebt, während Rothmann dieselbe in höherer Breite bis zu 24° wachsen läßt. Es hängt dieses mit der oben erwähnten Aenderung der blauen Farbe des Himmels in verschiedenen Breiten zusammen; je weiter wir nach Norden gehen, desto zahlreicher erfolgen partielle Reflexionen von den zerstreuten Nebelbläschen, und hieraus müssen wir uns die langen Dämmerungen in den Polargegenden erklären [1]), indem die Sonne dort vielleicht eine Tiefe von 30° hat.

Da bei diesem Vorgange die niedergeschlagenen Dämpfe eine so bedeutende Rolle spielen, so folgt, daß die Tiefe der Sonne am Ende der Dämmerung nicht einmal an demselben Orte zu allen Zeiten dieselbe seyn kann. Im Sommer steigen die Nebelbläschen wahrscheinlich höher als im Winter, und daher dauert in jener Jahreszeit die Dämmerung nach den Erfahrungen von Riccioli länger als in dieser; da sich ferner eben diese Dämpfe in der Nacht zum Theil in die Tiefe senken, so ist die Morgendämmerung nicht so lang als die am Abend.

Wenn die niedergeschlagenen Dämpfe in der Atmosphäre eine sehr bedeutende Höhe haben, während die unteren Luftschichten

---

100) Cunningham zwei Jahre in Neu-Süd-Wales S. 112. Es ließen sich noch viele ähnliche Beispiele anführen, da fast jeder Reisende nach den Aequinoctialgegenden davon spricht.

1) Torfaei descriptio Groenlandica c. XIV. la Peyrere Voyage au Nord I, 126.

sehr durchsichtig sind, so kann die Dämmerung ungewöhnlich lange dauern. Besonders zeichnete sich in dieser Hinsicht der Sommer des Jahres 1831 aus. Es zeigten sich ungewöhnlich lange Abendröthen von Madrid bis Odessa, und die Zeitungen waren damals mit Nachrichten aus allen Gegenden Europa's erfüllt, welche Kastner im 4ten und 5ten Bande seines Archivs für die Chemie und Meteorologie zum Theil gesammelt hat. Eine solche lebhafte Röthe zeigte sich besonders in der Nacht vom 4ten bis 5ten August, wo sie Kastner in Erlangen [2]) sah. Sie zeigte sich daselbst zuerst am nordöstlichen Himmel und war am stärksten in NNO; der westliche Himmel blieb während der Dauer des Phänomens ganz dunkel. Weißliche Wolken schimmerten durch die Röthe hindurch und im Vorgrunde desselben schwammen einzelne Regenwolken, Ueberreste eines zuvor in derselben Nacht nur theilweise zur Entladung gelangten Gewitters, dem starke Regengüsse gefolgt waren. Noch beträchtlicher war die Röthung am 24., 25. und 26. Septbr., über welche wir namentlich von H. W. Brandes genauere Nachrichten besitzen [3]). Am 25sten August schien gleich nach Sonnenuntergang die Sonne nichts Ungewöhnliches zu haben, aber etwas später ging die Farbe des Himmels in ein viel dunkleres Orange über und dieses Licht war bei der jetzt schon zunehmenden Verminderung des Tageslichtes auffallender als vorher. Das Licht der Abendröthe nahm ungewöhnlich langsam ab und ging dabei (was freilich ganz in der Ordnung ist) mehr in Roth über. Der nun allmählich immer mehr auf einem kleinern Raum beschränkte, erhellte Theil des Himmels lag genau in der Gegend, wo die Sonne unter dem Horizonte stehen mußte und war selbst noch kurz vor 8^h sichtbar [4]). An den folgenden Abenden war es ziemlich eben so, und am Morgen haben Personen, die eine freie Aussicht nach Osten genießen,

2) Archiv für Meteor. IV, 125. Bei einer Breite von $49\frac{1}{2}°$ und einer nördlichen Declination von $17\frac{1}{4}°$ ist die Tiefe der Sonne während dieses Phänomenes etwa 13°.

3) Kastner's Archiv IV, 387.

4) Auch Schwabe in Dessau giebt die Zeit gegen 8^h als Moment des Verschwindens an. Kastner's Archiv für Meteor. IV, 395. Die Tiefe der Sonne ist alsdann etwa $19\frac{1}{2}°$.

Digitized by Google

auch die Morgenröthe ungewöhnlich gefunden. Nees von Esenbeck beobachtete das Phänomen auf der Hampelbaude [5]). Am 24sten war von dort aus gesehen die Röthe sehr unbedeutend und glich einem starken, durch Dunst getrübten Abendrothe. Am 25sten, unmittelbar nach Untergang der Sonne, überzog sich der Himmel mit einer tiefen, wie durch Dünste umschleierten, Röthe, die den ganzen Horizont umgab und die über dem Scheitel in röthlichen Streifen sich zu verbinden schien. In diesem Augenblicke erhob sich schnell ein heftiger Sturm aus SW, der die ganze Nacht hindurch, aber allmählich abnehmend, anhielt, während die Röthe gegen 9^h verschwand. Am 26sten war das Phänomen nur in geringer Ausdehnung aber ohne Sturm beobachtet.

H. W. Brandes, welcher noch mehrere ältere Beobachtungen einer so lange dauernden Dämmerung hinzufügt, ist mit Recht der Meinung, daß man zur Erklärung der Erscheinung keinesweges genöthigt sey, mit Kastner einen kosmischen Hehrrauch anzunehmen; mir ist es wahrscheinlich, daß man das Ganze aus sehr hoch gehenden Dünsten ableiten könne. Dieses beweisen die von mir gegebenen nicht bedeutenden Tiefen, welche die Sonne am Schlusse der Erscheinung hatte. Das Barometer war seit dem 24sten in Halle im Sinken begriffen und der Himmel nicht sehr dunkelblau, obgleich es sonst heiter war. Auch Schwabe nennt den Himmel in Dessau wolkenfrei, jedoch sehr dunstig [6]) und Osann [7]) hörte von einer glaubwürdigen Person, sie habe in Würzburg an einem der Tage, an welchem die Erscheinung beobachtet wurde, Nachmittags die Sonne matt wie den Mond und von schwach violettem Lichte gesehen. Diese Witterungsdisposition, ähnlich derjenigen, welche Gewittern voraufgeht und wobei die feinen Cirri sehr hoch schwebten, scheint sich über einen großen Theil von Europa erstreckt zu haben; nicht nur ist in mehreren der obigen Berichte von Stürmen und Gewittern die Rede, sondern eben dieses war auch im südlichen Europa der Fall; wie namentlich der heftige Orcan bei Messina am 27sten beweist. Ueberhaupt zeichnet sich der ganze Sommer 1831 durch heftige

5) Kastner's Archiv V, 128.
6) Das. IV, 395.
7) Das. IV, 376.

Digitized by Google

Gewitter und in Westindien durch Orcane aus. Am 3ten August und in den folgenden Tagen war die Helligkeit der Dämmerung ausgezeichnet in Odessa, Deutschland, Rom und Genua, aber gleichzeitig waren nach Zeitungsberichten sehr heftige Gewitter in vielen Gegenden, so wie in Navarra und Arragonien, zu San Giorgio im Cavaresischen (mit Hagel); in Schlesien, in der Schweiz und Tyrol war der mit einem Gewitter verbundene Fön so heftig, daß eine starke Ueberschwemmung folgte, und selbst in dem Antillen-Meere waren heftige Aufregungen der Atmosphäre, so am 11ten auf Barbados und am 14ten auf Jamaica, Haïti und St. Vincent heftige Orcane, die jedenfalls mit den heftigen Nordoststürmen in Verbindung stehen, die am 16ten und 17ten auf Cuba und Louisiana fürchterliche Verwüstungen anrichteten.

Wir haben vorher bereits angegeben, daß die Dauer der Dämmerung von dem Aequator nach den Polen hin immer größer wird, es entsteht nun die Frage, wie dieses Verhältniß in derselben Breite in der Tiefe und auf hohen Bergen beschaffen sey. Hierüber können nur viele Erfahrungen in bedeutenden Höhen entscheiden; vergleichen wir aber die Ansichten von verschiedenen Reisenden, so stimmen diese nicht ganz überein, namentlich zeigt sich hier wieder eine große Abweichung zwischen den Aussprüchen von Hugi und denen von Saussure. Ersterer nämlich sagt in seiner Reise nach dem Finsteraarhorn [8]): „Die schon früher von mir und auch von Andern gemachte Bemerkung fand ich auch hier bestätigt. In hohen Regionen der Atmosphäre tritt die Nacht früher ein, als in tieferen, und später erscheint dort der Tag. Um 9^h hatten wir schon schwarze Nacht, und um 6^h früh kaum noch Tag, was schon auf dem Grimsel nicht ganz der Fall war. Mein ausgezeichneter Kronometer trügte nicht, was aus nachheriger Vergleichung und selbst aus den Uhren der Gefährten hervorging. Freilich war das Wetter stürmisch und trüb; allein die Tage vor- und jene nachher erlebte ich in der Tiefe Gleiches. Daß auf sehr hohen Gebirgen bei gutem Wetter weder Morgen- noch Abendroth gesehen wird, ist ohnehin bekannte Thatsache. Und doch hört man oft, daß auf den höchsten Alpen die Nacht nur etwa 3 Stunden daure; daß, wenn das lang dämmernde

8) Hugi naturhistor. Alpenreise S. 183.

Digitized by Google

Abendroth endlich verglimmt, man bald das Morgenroth gesehen haben will. Der Gebirgsforscher sieht in jenen Hochregionen die Nacht immer schnell, ohne allmähliges Verglimmen, ohne Abendroth bald nach dem Untergang der Sonne einbrechen. Da ich vor einem Jahre über das schauervolle Sulzband zog, sah ich nahe unter uns die Alp, wo wir die Nacht zubringen wollten. Wir waren überzeugt, die Hütte vor völliger Nacht zu erreichen; allein die Sonne ging unter am wolkenleeren Himmel, und schnell war die Nacht so schwarz, daß ich von den nur 6 bis 8 Schritt entfernten Begleitern keine Spur sehen konnte. So hatten wir bis Mitternacht zu tappen. Eben so plötzlich erscheint der Tag mit der Sonne, da man ihn von oben herab in den Thälern zuerst erwachen sieht, wohin auch der oben verschwundene Tag sich zurückzuziehen scheint."

Abweichend davon ist dasjenige, was wir hierüber bei Saussure finden [9]). Dieser sagt nämlich bei Aufzählung der auf dem Col du Géant beobachteten Thatsachen: „Unter den Erscheinungen, deren Grund in der geringen Dichtigkeit und der großen Durchsichtigkeit der Luft gesucht werden muß, ist die Dauer der Dämmerung eine der merkwürdigsten, denn in allen schönen Nächten, die wir vom 2ten bis 19ten Julius auf dem Col du Géant erlebt haben, war der Schein derselben vom Untergange der Sonne bis zu ihrem Aufgange wahrzunehmen."

„Ich muß jedoch zuvor bemerken, daß man die ganze Nacht hindurch am ganzen Horizonte einen zwar blassen, aber nichts desto weniger bestimmten Schein wahrnahm, welcher allmählich bis zu einer Höhe von 20° oder 25° abnahm, worauf man das blaue Himmelslicht traf, welches von hier bis zum Zenith gleichförmig war. Ist dieser Schein etwa ein phosphorisches Leuchten einiger Dünste, oder das in diesen Dünsten zerstreute Licht der Sonne? Ich wage es nicht, darüber ein Urtheil zu fällen. So viel ist wenigstens gewiß, daß es von keiner Reverberation des Schnees herrührte, weil die Schneemassen sich nicht wie dieser Schein rings um den Horizont herumzogen und weil er über den völlig verschneieten Stellen weder höher noch lebhafter zu seyn schien."

9) Saussure Voyages IV, 298. §. 2090.

Digitized by Google

„Außer diesem allgemeinen Scheine sah man in Westen ein Licht derselben Art, welches aber hier auffallend stärker war, als an dem übrigen Horizonte und etwa 8° bis 10° höher stand. Kurz nach dem Untergange der Sonne sah man es in Nordwesten; von dort ging es nach Norden, wo es sich um Mitternacht befand und bewegte sich dann nach dem östlichen Himmel. Anfänglich glaubte ich ein Nordlicht zu sehen; aber die vollkommene Gleichförmigkeit, die Ruhe und Regelmäßigkeit seines Ganges brachten mich von dieser Vorstellung zurück. Wir müssen also nothwendig annehmen, es sey entweder der Schein der Dämmerung oder die oberen, gewöhnlich unsichtbaren Theile des Zodiacallichtes; doch bin ich geneigter, es für die Dämmerung zu halten, weil es nicht die gegen den Horizont geneigte lanzenförmige Gestalt zeigte, sondern vielmehr eben so wie diese eine gerade aufgerichtete, nach oben verwaschene Stellung hatte. Zwar haben die Astronomen die Dauer der Dämmerung nur bis zu dem Momente angenommen, wo die Sonne eine Tiefe von 18° unter dem Horizonte hat, während sie im Julius in dieser Breite um Mitternacht 45° unter dem Horizont gefunden war. Indessen sind diese Bestimmungen in den Ebenen und nicht in der dünnen und durchsichtigen Luft eines hohen Berges gemacht worden."

Hier sehen wir also zwischen den Behauptungen der beiden Reisenden, die am längsten in den höheren Alpen verweilt haben, einen auffallenden Widerspruch. Wir müssen jedoch bei dieser Discussion die beiden Fragen: wie lange ist das zerstreute Licht am Himmel sichtbar, und wann erscheinen die Sterne? wohl unterscheiden. Letztere Frage anlangend, so wird es wohl sogleich klar, daß in den oberen Regionen die Sterne früher sichtbar werden als in der Tiefe, theils weil ihre Strahlen weniger geschwächt sind, theils weil der Hintergrund, auf welchen sie scheinbar projicirt sind, weniger zerstreutes Licht reflectirt. Dieses bestätigen auch einige Messungen, welche ich im September 1832 auf dem Faulhorne angestellt habe. Der Jupiter, welcher zu jener Zeit kurz nach dem Untergange der Sonne eine geringe Höhe hatte, erschien einige Male sogar schon, als die Sonne noch nicht ganz unter dem scheinbaren Horizonte verschwunden war. α Lyrae zeigte sich in der Nähe des Zenithes bei einer Tiefe der Sonne von $1\frac{1}{4}$ Grad; beim Polarsterne schwankte diese Tiefe bei mehreren

Digitized by Google

Bestimmungen zwischen $1\frac{1}{2}$ und 3 Grad; an einem schönen Tage waren alle Sterne des großen Bären sichtbar, als die Sonne sich etwa $2\frac{3}{4}$ Grad unter dem Horizonte befand. Dieses sind in der That Größen, wie wir sie sonst nicht in diesen Breiten finden. In Halle habe ich selten weniger als 7 Grad für die Tiefe der Sonne gefunden, wenn der Polarstern sich zeigen sollte.

An schönen Tagen scheint auch das Ansehen des westlichen Himmels in den höheren Schichten etwas von dem in der Tiefe abzuweichen, der Himmel ist nicht so roth, die Färbung ist goldgelb. Das rothe Segment, welches sich kurz nach dem Untergange der Sonne über dem Erdschatten am östlichen Himmel zeigt, ist dagegen tief purpurroth. So beobachtete ich den Vorgang an den schönen Tagen im September 1832; ob dieses allgemeine Regel sey, wage ich nicht zu behaupten, da auch in der Tiefe die Abendröthe zu jener Zeit sehr hell gewesen ist. Wenn aber der Erdschatten bis über das Zenith hinausgerückt ist und der Dämmerungsschein nur noch eine Höhe von einigen Graden hat, dann zeigt sich hier ein breitgedrücktes Segment von rosenrother Farbe, von welchem man zwar auch in der Tiefe zuweilen Spuren sieht, das aber in der Höhe mit einer Schönheit und Reinheit erscheint, daß ein jeder Reisender davon überrascht wird.

Was endlich die Helligkeit betrifft, die von dem zerstreuten Himmelslichte herrührt, so kann ich meine Erfahrungen zwar nicht zu einer Prüfung der Ansichten von Hugi und Saussure benutzen, da ich nicht in so bedeutenden Höhen als sie verweilt habe; ist es mir indessen erlaubt, die Erfahrungen anzuführen, welche ich bei einem fast dreimonatlichen Aufenthalte auf dem Faulhorne in einer Höhe von 8200 Fuß gesammelt habe, so verdienen die Behauptungen von Saussure den Vorzug. Allerdings scheint es, als ob kurz nach dem Untergange der Sonne die Erleuchtung schneller abnehme als in der Tiefe, späterhin aber scheint es oben heller zu seyn, und eine ziemliche Helligkeit habe ich noch lange Zeit nach dem Untergange der Sonne am Horizonte wahrgenommen [10]).

10) Ich kann es mir außerdem nicht wohl vorstellen, daß es gegen das Ende der Dämmerung in den zum Theil beschatteten Thälern heller seyn sollte, als zu derselben Zeit auf den frei liegenden Höhen.

Digitized by Google

Ich habe bereits mehrfach erwähnt, daß die Beschaffenheit der Morgen- und Abendröthe von dem Ansehen des Himmels abhängt. Ist die Luft mit vielen zerstreuten Nebelbläschen angefüllt und hatte der Himmel am Tage ein weißliches Ansehen, so erscheint das Roth mehr oder weniger matt und häufig mit grauen Streifen vermischt, zuweilen von satter carmoisinrother Farbe. Die Abendröthe dagegen ist nach solchen Tagen, wo der Himmel dunkelblau war, stark ins Gelbe spielend. Befinden sich in der Atmosphäre leichte Wolken von der Cumulusformation, besonders lockere Cirrocumuli, so sind diese häufig ungemein schön roth gefärbt. Eben diese satte Röthung zeigen nach meinen Erfahrungen auch die Nebel, welche sich in den Thälern am Abend bilden, wenn von ihrer Oberfläche das Licht der eben untergehenden Sonne oder der helle Schein des westlichen Himmels nach einem höhern Standpunkte reflectirt wird.

Zeigen sich solche isolirte, satt roth gefärbte Wolken, so bemerkt man zuweilen an dem Himmel eine mehr oder weniger grasgrüne Färbung. Schon Frézier nahm dieses wahr und in der Folge machte J. R. Forster darauf aufmerksam [11]). Da Letzterer das Phänomen in der Nähe gelbrother Wolken bemerkt hatte, so glaubte er, es seyen von diesen Strahlen nach dem blauen Himmel reflectirt und das Grün durch die Mischung beider Farben gebildet. Eben so bemerkte Pleischl diese Erscheinung öfter bei der Abendröthe [12]), ein Beobachter in München [13]), Bieth [13]), Brandes [14]), Muncke [15]), und ich selbst habe das Phänomen häufig im Herbste und Winter beobachtet. Brandes ist geneigt die Erscheinung aus einem Reflex von den grünen Wiesen abzuleiten, eben so wie Bergmann dieselbe bei der Erfahrung Frézier's von dem grünen Seewasser entstehen ließ [16]). Ich glaube jedoch, daß in den meisten Fällen außer dem bereits von Forster angegebenen Umstande eine andere Ursache an-

11) Forster Bemerkungen auf einer Reise um die Welt S. 99.

12) Schweigger Jahrbuch XXXIII, 227.

13) Allgemeine Zeitung 1818. No. 55.

14) Bei Brandes in Gehler's Wörterbuch N. A. I, 9.

15) Schweigger Jahrbuch XXX, 83.

16) Bergmann phys. Beschr. d. Erdkugel II, 49, §. 119.

angenommen werden muß. Da wir nämlich dieselbe Erscheinung auch über stark gerötheten Glätschern und Eisfeldern bemerken [17]), so ist es wahrscheinlich, daß die Farbe subjectiv und durch den Contrast mit den benachbarten rothen Wolken hervorgerufen ist, wie dieses auch Bergmann vermuthet hatte und wie besonders aus dem Umstande hervorgeht, daß das Grün desto satter hervortritt, je länger man diese Stellen fixirt.

Mit dieser Färbung der Wolken steht ein Phänomen im Zusammenhange, welches man in der Schweiz häufig bemerkt und welches das Glühen der Alpen heißt. Kurze Zeit nach dem Untergange der Sonne nämlich erscheinen die Bergspitzen geröthet, diese Röthung wird dunkler und dunkler, bis sie, wenn die Bergspitzen in den Erdschatten kommen, plötzlich verschwindet. Die Glätscher zeigen sich dann mit einer grau-blauen Farbe. Zuweilen geschieht es, daß nach einiger Zeit sich eine zweite Röthung zeigt, die aber nicht so intensiv ist und nicht so lange dauert, als die erste. Dieses Phänomen zeigt sich besonders dann sehr schön, wenn am westlichen Horizonte lockere Cumuli oder Cirrocumuli stehen, dann haben die nackten Felsen ganz das Ansehen rothglühender Eisenmassen. So habe ich es häufig gesehen, nie aber schöner als am 20sten August 1832, wo ich mich zwischen Villeneuve und Bex befand und wo alle vor mir liegenden Walliser Berge hohen Feuerpyramiden glichen. Das Roth, welches sich einige Zeit nach dem Verschwinden des ersten zeigt, rührt unstreitig von einer Reflexion der Lichtstrahlen von der Atmosphäre her.

Da das Ansehen der Abendröthe von der Beschaffenheit des Himmels abhängt, so folgt daraus, daß man sich derselben mit einiger Sicherheit bedienen könne, um die zunächst folgende Witterung voraus zu sagen. Brandes hat mehrere hieher gehörige Regeln gesammelt [18]), von denen ich einige der wichtigsten mittheilen will. Wenn bei schönem blauen Himmel die Abendröthe den westlichen Himmel mit einem leichten Purpur sanft zu überziehen scheint, so bedeutet dieses ziemlich sicher fortdauernd gutes

17) Rofs Entdeckungsreise S. 79.

18) Gehler's Wörterb. N. A. I. 13.

Wetter. So finden wir diese Regel auch schon bei Aratus. Dieser sagt nämlich [19]):

Wenn ihn (Helios) nun gleich lauter die Stierabspannende Stund' hat,
Und unbewölkt zum Abend in sanfterem Schimmer er gleitet:
Wohl noch am folgenden Tag steigt dir schönsonniges Licht auf.

Selbst nach Regenwetter deuten einzelne geröthete Wolken, die sehr hell erleuchtet sind, auf die Wiederkehr von besserer Witterung, wie ich dieses häufig bemerkt habe und wie wir es bereits bei Aratus finden [20]):

Wenn er (Helios) jedoch unbewölkt eintaucht in Okeanos Wesifluth,
Und den entsinkenden dort und geschwundenen ruhige Wolken
Nahe gelagert umglühn, wie vergoldete, siehe du darfst nicht
Morgen und für die Nacht dich ängstigen wegen des Regens.

Eine weißlich gelbe Abendröthe, zumal wenn sie sich weit über den Himmel ausbreitet, pflegt eben kein schönes Wetter zu versprechen. Besonders deutet dieses Ansehen nach einer Regel der Landleute, welche Brandes oft bestätigt fand, auf stürmisches Wetter, wenn die Sonne in einem so weißen Lichtglanze untergeht, daß man sie selbst in dem hellen Scheine, welcher den ganzen westlichen Himmel überzieht, nur wenig vorglänzend und dabei mehr weiß als gelb sieht. Noch schlimmer ist die Vorbedeutung dann, wenn feine Cirri, welche dem Himmel ein sehr mattes Ansehen geben, am Horizonte dunkler erscheinen und eine röthlich graue Abendröthe bilden, in welcher abwechselnd glänzende dunkelrothe Stellen in graue übergehen und durch welche man die Sonne kaum bemerken kann. In diesem Falle, wo selbst beim Sonnenuntergange die Zahl der Nebelbläschen noch sehr groß ist, darf man auf einen baldigen Niederschlag und Wind rechnen [21]).

Etwas verschieden sind die Anzeigen der Morgenröthe. Wenn diese stark geröthet erscheint, so darf man meistens Regenwetter erwarten, während eine graue Morgenröthe mehr auf

19) Arati Diosemeia 93. Die Uebersetzung ist von Voß.

20) Das. Vers 126.

21) Humboldt Voyage II, 129.

schönes Wetter deutet [22]). Die Ursache des Gegensatzes zwischen grauer Abend- und Morgenröthe scheint darin zu liegen, daß am Abend diese Färbung vorzugsweise von Cirris, am Morgen aber von einem Stratus in der Tiefe herrührt, welcher in kurzer Zeit den Strahlen der aufgehenden Sonne weicht, während jene sich meistens in der Nacht vermehren. Sind dagegen bereits beim Aufgange der Sonne so viel niedergeschlagene Dämpfe vorhanden, daß der Himmel roth erscheint, so wird es wahrscheinlich, daß in Folge des aufsteigenden Luftstromes im Laufe des Tages eine lebhafte Wolkenbildung erfolgt.

Die Erscheinungen der Dämmerung sind häufig dazu benutzt worden, die Höhe der Atmosphäre zu berechnen. Schon Alhazen that dieses, und in der Folge beschäftigten sich Halley [23]), Smith und Kästner [24]), Lambert [25]), Brandes [26]) und Andere mit der Lösung dieses Problemes. Befindet sich nämlich (Taf. I. Fig. 5.) ein Beobachter in H und sieht derselbe in E die Gränze der Hauptdämmerung, so ist der Winkel, welchen EH mit dem Horizonte des Beobachters macht, die Höhe des hellen Bogens, welchen die Hauptdämmerung darstellen würde, wofern sich keine zweite Dämmerung damit mischte. Ist also A derjenige Punkt, wo die Sonne scheinbar untergeht, so sind in dem Viereck KAEH alle Winkel und die beiden Seiten KH = KA gegeben, und daraus läßt sich KE bestimmen. Wenige Beobachtungen eignen sich dazu so gut, als diejenige, welche Lambert am 19ten November 1759 zu Augsburg auf der Sternwarte von Bran-

22) Forster Wolken S. 141 giebt folgende Verse für den Unterschied in dem Ansehen der Abend- und Morgenröthe:

An evening red and a morning grey
Are sure signs of a fine day;
But an evening grey, and morning red
Put on your hat, or you'll wet your head.

23) Philos. Trans. No. 181.

24) Smith Vollständiger Lehrbegriff der Optik S. 428.

25) Photometria p. 444.

26) Gehler's Wörterb. N. A. II, 275.

der anstellte. Der von ihm beschriebene Vorgang war folgender [27]):

4^h 26′ die Sonne geht unter.

4. 29 scheinbarer Untergang der Sonne, Anfang der Hauptdämmerung, Tiefe der Sonne 0° 33′.

4. 36 der Himmel wird am östlichen Horizonte dunkel, die Tageshelle nimmt jedoch noch wenig ab.

5. 0 die Nacht bricht schnell herein; die östlichen Fixsterne und der in der Nähe des Meridianes befindliche Jupiter werden sichtbar.

5. 5 der östliche Himmel ist bis zum Zenith dunkel. Die östlichen Sterne funkeln.

5. 12 die Dunkelheit breitet sich bis über das Zenith hinaus fort; am westlichen Himmel läßt sich die Gränze des hellen und dunkeln Raumes erkennen, jedoch ist die Gränze noch nicht hinreichend scharf, um ihre Höhe zu messen.

5. 19 Ohne Fehler läßt sich die Gränze der Dämmerung angeben, die Figur des Dämmerungsscheines ist nahe ein Stück eines größten Kreises, die Breite des Bogens ist auf jeder Seite des Verticalkreises, in welchem sich die Sonne befindet, etwa 90°, die Höhe seines höchsten Punktes etwa 8° 30′, Tiefe der Sonne 8° 3′.

5. 25 Höhe des Dämmerungsscheines 7° 15′, Tiefe der Sonne 8° 59′, die Weite des hellen Segmentes unverändert.

5. 31 Höhe des Dämmerungsbogens 7° 0′, Tiefe der Sonne 9° 55′.

5. 36 Höhe des Dämmerungsbogens 6° 20′, Tiefe der Sonne 10° 42′.

5. 43 Höhe des Dämmerungsbogens 5° 45′, Tiefe der Sonne 11° 48′.

5. 48 Höhe des Dämmerungsbogens 5° 0′, Tiefe der Sonne 12° 35′, die Weite des hellen Scheins wird kleiner.

5. 54 Höhe des Dämmerungsbogens 4° 30′, Tiefe der Sonne 13° 31′.

---

27) Lambert Photometria §. 1008.

5^h 59′ Höhe des Dämmerungsbogens 3° 40′, Tiefe der Sonne 14° 18′.

6. 4 Höhe des Dämmerungsbogens 3° 15′, Tiefe der Sonne 15° 5′, die Weite beträgt jetzt kaum 40°.

Hieraus läßt sich die Höhe des Dämmerungsscheines und damit die Höhe der Atmosphäre auf folgende Art herleiten. Befindet sich der Beobachter in H, so geht in dem Punkte A eben die Sonne unter, und da ihre Tiefe unter dem Horizonte des Beobachters H bekannt ist, so ist der Winkel HKA gleich dieser Tiefe minus Horizontalrefraction bekannt; da ferner HK und HA als Radien der Erde gegeben sind, so läßt sich HA berechnen. In dem Dreiecke EHA ist also die Seite HA gegeben; eben so ∠EAH gleich 90° minus Horizontalrefraction und ∠HAK; aber HAK = 90° — ½ HKA; eben so ist ∠EHA = 180° — ZHE — AHK bekannt, folglich läßt sich die Distanz EH berechnen. In dem Dreiecke EHK sind also die beiden Seiten HE und HK nebst dem eingeschlossenen Winkel EHK gegeben, also ist auch EK und mithin Eb bekannt.

Ich will einige Beobachtungen von Lambert dazu anwenden, die Höhe der Atmosphäre zu bestimmen. Lambert nimmt als Horizontalrefraction 33′; ohne diese Annahme zu kennen, hatte ich 31′ 41″ angenommen; der daraus entstehende Unterschied ist so gering, daß ich es nicht für nöthig gehalten habe, die Rechnung mit der Angabe von Lambert zu wiederholen. Bei einer Tiefe der Sonne von 8° 3′ betrug die Höhe des Dämmerungscheines 8° 30′. Wir finden nun

∠HKA = 8° 3′ — 31′ 41″ = 7° 31′ 19″.

HA = 2r. sin 3° 45′ 29″ = 112,76 Meilen.

∠AHK = ∠HAK = ½ (180° — 7° 31′ 19″) = 86° 14′ 20″.

∠ZHE = 81° 30′ — 6′ 25″ = 81° 23′ 35″.

∠EHA = 180° — (81° 23′ 25″ + 86° 14′ 20″) = 12° 22′ 55″.

∠EAH = 180° — (86° 14′ 20″ + 90° 31′ 41″) = 3° 13′ 59″.

∠HEA = 180° — (12° 22′ 55″ + 3° 13′ 59″) = 164° 23′ 56″.

$$HE = \frac{HA \cdot \sin 3^\circ 15' 59''}{\sin 164^\circ 23' 56''} = 23{,}626 \text{ Meilen.}$$

$$\text{tang } HKE = \frac{HE \cdot \sin 98^\circ 36' 25''}{r - HE \cdot \cos 98^\circ 36' 25''} = \text{tang } 1^\circ 33' 1''.$$

$$EK = \frac{HE \cdot \sin 98^\circ 36' 25''}{\sin HKE} = 863{,}45 \text{ Meilen.}$$

Höhe der Atmosphäre $= EK - r = 863{,}45 - 859{,}50 = 3{,}95$ Meilen.

Die Beobachtung um 5^h 31′ giebt für die Höhe des Dämmerungsscheines 7° 0′, während die Tiefe der Sonne 9° 55′ war. Daraus ergiebt sich für die Höhe der Atmosphäre 5,1 Meilen.

In der letzten Beobachtung endlich war Höhe des hellen Bogens 3° 15′ und Tiefe der Sonne 15° 5′. Daraus folgen 9,29 Meilen für die Höhe der Atmosphäre.

Wir sehen also, wie jede spätere Beobachtung eine größere Höhe giebt, und daraus müssen wir zum Theil die Abweichungen in den Bestimmungen verschiedener Astronomen ableiten. So geben Halley, Smith und Kästner $9\frac{1}{2}$ Meilen, Kepler[28]) 10 Meilen, de Lambre[29]) $9\frac{1}{2}$ Meilen, aber die meisten der gedachten Beobachter waren bei dem Ende der Dämmerung und einer Tiefe der Sonne von etwa 18° stehen geblieben. Schon Lambert[30]) und späterhin Brandes haben in den mehrfach erwähnten Abhandlungen gezeigt, daß die Erscheinungen der Dämmerung keine hinreichend scharfe Auflösung des Problemes zuließen. Ist nämlich die Sonne eben untergegangen, so sieht der Beobachter in Osten den Erdschatten sehr scharf; da nämlich die Linien von seinem Auge nach der Gränze des erleuchteten Raumes noch sehr nahe mit den Lichtstrahlen zusammenfallen, so wird er wenig von fremdartigem Lichte gestört. Wenn der Erdschatten bis zum Zenith steigt, so wird alle Luft über dem Scheitel des Beobachters von dem zerstreuten Lichte der zweiten Dämmerung erhellt, und

28) Kepler Epitome astron. p. 73.

29) Astronomie. 4. Paris 1814. T. III. p. 357.

30) In seiner Aufzählung der wichtigsten Arbeiten über die Dämmerung sagt er: Cel. Jo. Bernoullius diem brevissimi crepusculi definivit, idemque problema universalius absolvit Cl. Kästnerus, quod cum simpliciter pendeat a depressione solis infra horizontem, voto magis satisfacit, quam prius, quo definienda est aëris altitudo. Photometria §. 987.

Digitized by Google

es wird jetzt weit schwieriger, die Gränze der Erleuchtung anzugeben. So wie die Sonne tiefer sinkt, vermehrt sich dieses zerstreute Licht, der Beobachter wird also die Höhe der Dämmerung größer finden, als sie in der That ist, und so geben folglich spätere Beobachtungen eine größere Höhe der Atmosphäre.

Lambert hat es versucht, die Erleuchtung einer horizontalen Fläche durch das Licht der Dämmerung bei verschiedener Tiefe der Sonne zu berechnen [31]). Er nimmt zu dem Behufe an, die Helligkeit der Hauptdämmerung sey stets dieselbe und ihre Gränze ein größter Kreis. Ist dann a die Höhe des Scheitels dieses Kreises, so ist die Erleuchtung vermittelst der Hauptdämmerung gleich $1 \pm \cos a$. Daraus ergiebt sich folgende von Lambert berechnete Tafel:

Tiefe der Sonne	Höhe der östlichen Dämmerung	Erleuchtung	Tiefe der Sonne	Höhe der westlichen Dämmerung	Erleuchtung
0° 0′	. . . . .	. . . . .	6° 23′	90° 0′	1,000
0. 33	0° 0′	2,000	6. 32	60. 0	0,500
2. 36	2. 45	1,999	6. 41	41. 30	0,251
3. 21	3. 0	1,998	6. 50	29. 30	0,130
4. 5	5. 30	1,995	6. 59	22. 30	0,075
4. 50	8. 30	1,989	7. 9	17. 45	0,045
5. 1	10. 0	1,985	7. 18	15. 30	0,036
5. 10	11. 30	1,980	7. 27	13. 0	0,026
5. 19	13. 0	1,974	7. 36	11. 30	0,020
5. 28	15. 30	1,964	7. 45	10. 0	0,015
5. 37	17. 15	1,955	7. 54	8. 40	0,011
5. 46	22. 30	1,924	8. 41	5. 30	0,005
5. 56	29. 30	1,870	9. 27	3. 0	0,002
6. 5	41. 30	1,749	10. 14	2. 45	0,001
6. 14	60. 0	1,500	12. 13	0. 0	0,000
6. 23	90. 0	1,000			

Wenn auch die Formel, welche dieser Tafel zum Grunde liegt, vielleicht deshalb nicht ganz naturgemäß ist, weil darin weder auf die Vermehrung der Erleuchtung durch die zweite Dämmerung, noch auf ihre Verminderung durch die Lichtschwächung der Strah-

31) Photometria §. 1524 folg.

len beim Durchgange durch die Atmosphäre Rücksicht genommen wird, so eignet sie sich doch zu einer annähernden Darstellung der Abnahme der Helligkeit. Auffallend ist darin das Resultat, daß bei einer Tiefe der Sonne von etwa 6° die Helligkeit so ungemein schnell abnimmt, und dieses ist auch der Moment, wo die bürgerliche Dämmerung ein Ende hat. Es fehlt jedoch bisher noch ganz an directen Messungen, um die Abnahme der Helligkeit genauer zu bestimmen.

Nachdem wir die wichtigsten Erscheinungen betrachtet haben, welche sich auf die Helligkeit und Farbe des Himmels beziehen, wenden wir uns zu der Betrachtung der Bahn, welche ein Lichtstrahl in der Luft durchläuft [32]). Wenn die Lichtstrahlen durch die Atmosphäre hindurchgehen, erleiden sie auf ihrem Wege eine Brechung; je nachdem sie von einem Sterne oder von einem terrestrischen Gegenstande kommen, unterscheidet man astronomische und terrestrische Strahlenbrechung. Da das Verhältniß zwischen dem Sinus des Einfalls- und Brechungswinkels beim Uebergange des Lichtes aus einer Luftschicht in eine andere von der Dichtigkeit beider Schichten abhängt, so folgt, daß die Brechung nicht zu allen Zeiten gleich seyn kann, und man nimmt deshalb bei ihrer Bestimmung stets auf den Stand von Barometer und Thermometer Rücksicht. Aber dennoch zeigen sich häufig sehr bedeutende Abweichungen zwischen den beobachteten und den

32) Bei Behandlung dieses Gegenstandes bin ich in großer Verlegenheit. Um den Weg des Lichtstrahles in der Atmosphäre vollständig zu verfolgen und seine Bahn sowohl im regelmäßigen Zustande als im Falle ungewöhnlicher Störungen anzugeben, sind eine Menge mathematischer Untersuchungen erforderlich; und es würde nöthig seyn, hier die ganze Theorie der astronomischen und terrestrischen Strahlenbrechung zu geben. Um sich aber namentlich von den Abweichungen von den Gesetzen der astronomischen Strahlenbrechung zu überzeugen, Abweichungen, welche gerade für unsern Zweck wichtig sind, werden Apparate von einer solchen Genauigkeit erfordert, daß nur wenige Beobachter den Gegenstand verfolgen können. Derjenige aber, der solche Apparate besitzt, kennt die Arbeiten von Bessel, Ivory, Laplace, Schmidt u. A. über diesen Gegenstand besser, als sie sich hier in der Kürze wiedergeben lassen. Deshalb behandle ich diesen Gegenstand ganz elementar, indem ich nur einige wenige Erfahrungen anführe und in diesem Falle den Weg des Lichtes durch Zeichnungen erläutere.

Digitized by Google

auf diese Art berechneten Größen. Wir dürfen dabei aber nicht vergessen, daß unsere Instrumente uns nur die Dichtigkeit der Luftmassen an der Oberfläche der Erde angeben und daß Winde und andere Ursachen in der Höhe eine sehr abweichende Dichtigkeit veranlassen können. Es würden demnach sorgfältig angestellte und anhaltend verfolgte Messungen der astronomischen Strahlenbrechung von Wichtigkeit seyn, um die Verhältnisse in den höheren Schichten der Atmosphäre kennen zu lernen, zumal wenn die Sterne, welche zu diesen Messungen benutzt würden, einen bedeutenden Zenithabstand hätten, weil dann die Störungen weit größer und wahrnehmbarer sind. Man würde dadurch namentlich erfahren, ob die Wärme schneller oder langsamer abnimmt als gewöhnlich, und damit würde sich ein Licht über viele Erscheinungen verbreiten. Da es indessen fast ganz an Messungen dieser Art fehlt, so verweile ich nicht bei der allgemeinen Betrachtung des Gegenstandes, sondern wende mich sogleich zu zwei Erscheinungen, die allemal Folge eines unregelmäßigen Verhältnisses in der Atmosphäre sind, nämlich dem Funkeln der Fixsterne und der Luftspiegelung.

Die Fixsterne erscheinen in unsern Gegenden nicht immer unverrückt an derselben Stelle, vielmehr scheinen sie häufig zu zittern, sie verlassen den Ort, an welchem sie sich befinden, um ihn im nächsten Momente wieder einzunehmen. Dabei ändert sich zugleich ihre Lichtstärke; indem sie so eben einen ungewohnten Glanz besitzen, sind sie sogleich darauf dem Verschwinden nahe; eben so findet man auch zuweilen einen Wechsel der Farbe, indem die grünen, rothen oder blauen Strahlen in dem von ihnen kommenden Lichte vorherrschen [33]). So erzählt namentlich Melville: wenn man den Sirius oder einen andern hellen Stern nahe am Horizonte fest ansehe, so werde sein weißes Licht bei jedesmaligem Funkeln mit roth und blau gemischt [34]). An den Fixsternen ist dieses Funkeln bei weitem merklicher, als an den Planeten, bei denen es sich seltener zeigt; an Tagen jedoch, wo es an den Fixsternen sehr lebhaft ist, bemerkt man auch an diesen

33) Brandes in Gehler's Wörterb. N. A. IV, 548.

34) Edinburgh Essays II, 1, bei Priestley Geschichte der Optik S. 373.

weniger eine Ortsveränderung, als vielmehr einen Wechsel der Lichtstärke, was sich besonders von solchen Personen deutlich erkennen läßt, welche kurzsichtig sind und auf deren Netzhaut kein deutliches Bild des Sternes entsteht [35]). So habe ich den niedrig stehenden Jupiter öfter schwach funkeln sehen, und eben dieses bemerkt Michell von der Venus [36]); Garcin von dieser und dem Mercur [37]).

Das Funkeln zeigt sich nicht in allen Stellungen der Sterne gleich stark; meistens zittern die in der Nähe des Horizontes befindlichen weit lebhafter als die höher stehenden; nicht selten ist das Licht im Zenith völlig ruhig, während man am Horizonte eine Aenderung des Lichtes wahrnimmt. Dieses bemerkte Humboldt namentlich in Cumana, wo die Sterne selten funkeln, wenn ihre Höhe größer ist als 20° bis 25° [38]), und etwas Aehnliches wurde von Saussure auf dem Col du Géant wahrgenommen [39]). Eben so ist das Funkeln nicht unter allen Umständen gleich lebhaft. So erzählt namentlich Musschenbroek [40]), daß es sich in Holland vorzüglich bei starkem Froste und heiterm Himmel zeige, und eben dieses ist auch in andern Gegenden der Fall. Am stärksten jedoch ist es nach meinen Erfahrungen, wenn in den oberen Regionen der Atmosphäre lebhafte Winde wehen, wie man namentlich an der Schnelligkeit der Wolken erkennt und wenn dabei heiterer und bewölkter Himmel in kurzer Zeit wechseln. Eben so sieht man nach den Bemerkungen von Souza ein lebhaftes Funkeln der Sterne auch in Portugall als Vorboten von Stürmen an, was auch die Beobachtungen von Saussure [41]) auf dem Col du Géant und die von Humboldt [42]) in Cumana be-

35) Ich bemerke wenigstens dieses Funkeln weit lebhafter, wenn der Stern mir mit bloßem Auge als verworrene Lichtmasse erscheint, als dann, wo ich eine Converbrille nehme und ihn dadurch mit Deutlichkeit sehe.

36) Phil. Trans. LVII, 262 bei Priestley Gesch. der Optik S. 372.

37) Mém. de Paris 1743, daraus im Hamburger Magazin I, 420.

38) Humboldt Voyage IV, 15.

39) Saussure Voyages IV, 300. §. 2092.

40) Introductio II, 707.

41) Saussure Voyages IV, 301. §. 2092.

42) Humboldt Voyage IV, 15. V, 114.

Digitized by Google

stätigten, indem dieses Phänomen hier die Nähe der tropischen Gewitter anzeigt.

Da das Funkeln sich vorzugsweise dann sehr lebhaft zeigt, wenn Luftströme von ungleicher Temperatur sich über einander fortbewegen und zum Theil mischen, so folgt hieraus, daß es nicht in allen Gegenden der Erde gleich stark seyn könne. Wenn zwischen den Wendekreisen die trockene Jahreszeit Statt findet und der Passat dann mit großer Regelmäßigkeit weht, so zeigen die Sterne nach den Bemerkungen Humboldt's nur in der Nähe des Horizontes einige Unruhe; eben so bemerkt Condamine, daß in Peru das Funkeln weit schwächer sey als in Europa, dagegen zeigt sich dasselbe in Bengalen, vielleicht während der nassen Jahreszeit; jedoch fügt Garcin [43]) hinzu, es sey nicht so lebhaft als in Europa. Eben dieser Reisende sah die Sterne während des Sommers in Arabien und zu Bender-Abassi am persischen Meerbusen mit sehr lebhaftem aber ruhigem Lichte, während sie im Winter zuweilen funkelten. Niebuhr sagt [44]), er habe in bergigen Gegenden die Sterne öfter funkeln sehen, obgleich weniger stark als in hellen Sommernächten in Europa; als er jedoch in der Mitte März in Schiras sehr helle und kalte Nächte hatte, funkelten sie nicht weniger als bei starkem Frost in Europa.

Die Ursache dieses Phänomenes müssen wir in der verschiedenen Brechung suchen, welche das Licht in warmer und kalter, feuchter und trockener Luft erleidet. Schon Vitellio [45]) leitete das Phänomen aus der Bewegung der Luft ab, in welcher das Licht gebrochen werde; genauer jedoch waren die Bemerkungen von Hooke [46]), welcher auf die Bewegung und Mischung ungleich erwärmter Luftschichten Rücksicht nahm; er fügt hinzu, man könne sich von der Richtigkeit dieser Behauptung überzeugen, wenn man über ein Stück heißen Glases nach entfernten Gegenständen sehe, indem diese dann ebenfalls zu zittern scheinen.

43) Hamburger Magazin I, 423.

44) Niebuhr Arabien S. 5.

45) Risneri thesaurus p. 449. bei Prieſtley Geſch. der Optik S. 14.

46) Micrographia p. 231. bei Prieſtley Geſch. der Optik S. 131.

Digitized by Google

Andere haben sich bemüht, das Phänomen physiologisch zu erklären, so Musschenbroek [47]), Michell [48]) und Klügel [49]). Namentlich glaubt Letzterer, der Reiz des Lichtes auf die Netzhaut verursache vielleicht eine ganz kleine Bewegung, ein kleines Zittern der Fibern, und das Bild eines leuchtenden Punktes falle daher bald auf die eine, bald auf die andere Stelle der Retina. Dauert nun der Eindruck an einer Stelle noch fort, während der andere schon wieder getroffen wird, so ist der Eindruck lebhafter, der Punkt erscheint also heller, als es ohne eine solche Bewegung der Fall seyn würde. Schon die bloße Abhängigkeit des Phänomenes von der Höhe der Sterne und die Ungleichheit in verschiedenen Gegenden spricht gegen diese Ansicht.

Fällt das Licht eines Sternes S (Taf. I. Fig. 6.) nach der Richtung SC auf die Atmosphäre, so wird es beim Uebergange in jede neue Luftschicht gebrochen, und ein Strahl CDEF gelangt zu dem in F befindlichen Beobachter, dieser sieht also den Stern nach der Richtung FE. Gesetzt nun, es werde plötzlich die Luftschicht DE verrückt und eine andere von verschiedener Dichtigkeit an ihre Stelle gesetzt, so wird der Lichtstrahl CD nicht mehr nach DF, sondern nach DJ gebrochen und gelangt nicht mehr ins Auge, sondern es kommt der Strahl CHF dahin, und der Stern, welcher sich kurz vorher in der Richtung FD zeigte, erscheint nun in H. Hat aber diese neu angekommene Luftmasse nicht eine sehr verschiedene Temperatur oder ein sehr bedeutendes Volumen, so ist die Ortsveränderung nur klein, daher funkeln auch die Planeten weniger als die Fixsterne. Da letztere nämlich als Punkte erscheinen, so muß eine noch so kleine Ortsveränderung schon auffallen, und beträgt sie vielleicht auch nur 5″, so können wir sie schon wahrnehmen; bei den Planeten, welche einen scheinbaren Durchmesser von 30 bis 40″ haben, wird es schwerer, die geringe Vergrößerung des letztern zu bemerken, doch erscheinen sie uns durch Fernröhre öfter mit zitterndem Rande, zumal wenn sie niedrig stehen; ein eben solches Zittern des Randes zeigt sich auch häufig an der Sonne [50]).

47) Introductio II, 707.
48) Phil. Trans. LVII, 707.
49) Priestley Gesch. d. Optik S. 374.
50) Brandes in Gehler's Wörterbuch N. A. IV, 518.

Digitized by Google

Mit diesem Phänomene des Funkelns verwandt sind einige länger dauernde Verrückungen der Fixsterne von ihrem Standpunkte. So erzählt Carlini [51]), es habe sich in dem stark vergrößernden Reichenbachischen Mittagsfernrohre beim Durchgange des Polarsternes zuweilen die sonderbare Erscheinung gezeigt, daß er am Faden vorbeiging, 10″ bis 20″ fortrückte, dann zurückkehrte und den Faden noch einmal rückgängig und dann rechtläufig passirte. Zuweilen theilte der Stern sich in zwei Hälften, oder es zeigte sich ein doppeltes Bild desselben, was mit der sogleich zu betrachtenden Luftspiegelung übereinstimmt. Offenbar wurde diese Erscheinung dadurch hervorgebracht, daß statt der schnell wechselnden Luftmassen ein gleichförmiger warmer Strom aufstieg, welcher eine Seitenrefraction erzeugte. Ging die Gesichtslinie an der Gränze beider Ströme fort, so wurde ein doppeltes Bild gesehen. Brandes, von welchem diese Erklärung herrührt, fügt hinzu [52]), er selbst habe eine ähnliche dauernde Verrückung wahrgenommen, wenn er bei starker Hitze mikrometrische Messungen der Sonnenflecken anstellte; die im Heliometer entstehenden doppelten Bilder waren zuweilen mehrere Secunden lang in Berührung und trennten sich dann wieder, offenbar weil die auf beide Hälften des Objectives kommenden Strahlen durch verschiedene Luftmassen hindurchgingen.

Doch ist es nicht allein die Ortsveränderung, welche wir bei diesem Phänomene zu beachten haben, der Wechsel der Farbe ist nicht minder merkwürdig. Herschel [53]) bezeichnete diese Eigenthümlichkeit der Atmosphäre mit dem Namen prismatische Kraft, indem er darunter denjenigen Theil ihres Brechungsvermögens verstand, durch welchen sie die Lichtstrahlen zerstreuet und von einem leuchtenden Punkte ein verlängertes und gefärbtes Bild darstellt, was man besonders an niedrig stehenden Sternen bemerkt und überhaupt von der Höhe des einfallenden Strahles abhängt. Diese Färbung bemerkte auch Biot bei der terrestrischen Refraction, als er bei seinen geodätischen Operationen von

51) Zach Corresp. Astr. II, 84.

52) Gehler's Wörterb. N. A. IV, 549.

53) Catalogue of double stars. 1785. p. 52 bei Gilbert's Ann. XLVII, 245.

Digitized by Google

dem Berge Desierto de las Palmas in Valencia nach den 41 Stunden entfernten Reverberen auf der Insel Iviza sah. Unter mehreren Thatsachen, welche er erzählt, erwähne ich folgende [54]): Man sah den glänzenden Punkt im Fernrohre hinter dem senkrechten Faden sich verlängern, gleich einer kleinen Feuersäule; diese dehnte sich bis zu einer gewissen Länge aus, theilte sich dann plötzlich in zwei Bilder, von denen das untere merklich roth, das obere merklich grün war.

Es war Arago, welcher zuerst eine genügende Erklärung dieses Farbenwechsels gab, indem er denselben aus dem Princip der Interferenz [55]) ableitet. Gehen nämlich alle Strahlen, welche gleichzeitig ins Auge gelangen, durch Luftschichten von gleicher Dichtigkeit, so erhält das Auge Strahlen, deren Wege gleich sind, und man bemerkt also nicht die geringste Aenderung in der Stärke und Beschaffenheit des vom Sterne kommenden Strahles. Findet aber diese Bedingung nicht Statt, so werden die einzelnen Strahlen um einen Theil einer Wellenlänge verschieden seyn und je nach der Beschaffenheit dieses Unterschiedes wird sich eine Verminderung oder Vermehrung der mittlern Lichtstärke zeigen; da ferner die Wellenlängen nicht bei allen Strahlen gleich sind, so wird begreiflich, daß sich dann einige Farben zum Theil aufheben oder verstärken können, und so ergiebt sich die Färbung von selbst. Da diese Verschiedenheit der Luftschichten in der Nähe des Horizontes größer ist, als im Zenith, so folgt daraus, daß die Sterne bei niedrigem Stande lebhafter funkeln, als bei höherm.

Wir wenden uns jetzt zu einigen Anomalieen, welche man bei der irdischen Strahlenbrechung wahrgenommen hat. Befindet sich ein Beobachter auf dem Meere in einiger Höhe über dem Wasser; so geht der von seinem Horizonte zum Auge gelangende Strahl durch eine Luftschicht hindurch, in welcher er etwas gebrochen wird. Die Beobachtung der Physiker über die Größe, um wie viel der sichtbare Horizont unter dem Auge des Beobachters bei verschiedenen Dichtigkeiten der Luft liegt, setzen uns in den Stand, die deshalb erforderliche Correction anzubringen. Wenn jedoch die Beobachtungen bei sehr verschiedenen Zuständen

54) Gilbert's Ann. XLII, 245.

55) Humboldt Voyage IV, 285.

Digitized by Google

der Atmosphäre gemacht werden, so findet man bedeutende Abweichungen von dem allgemeinen Gesetze, welche für die Schiffer bei Bestimmung der Sonnenhöhe von großer Wichtigkeit sind. Biot [56]) erzählt mehrere Erfahrungen dieser Art, welche namentlich von Cook und Baudin gemacht wurden. Ich habe schon mehrmals erwähnt, daß die Luft in der Nähe des Bodens wärmer oder kälter sey, als in der Höhe von mehreren Fußen [57]), je nachdem jener von der Sonne lebhaft erwärmt wird, oder durch Strahlung erkaltet; und indem der Strahl also durch Luftschichten hindurchgeht, deren Temperatur von derjenigen abweicht, in welcher sich der Beobachter befindet, entsteht eine Ablenkung von der geradlinigen Bahn. Ist die Luft am Boden wärmer und weniger dicht als in einer Höhe von mehreren Fußen, so ist der Horizont allemal scheinbar niedriger, als er ohne diesen Umstand seyn würde, während er dann erhoben wird, wenn der Boden kälter ist, als die einige Fuß höhere Luftschicht. So zeichnet sich die Gegend über dem Golfstrom dadurch aus, daß die beobachtete Depression größer ist, als die wahre, wie es namentlich durch die Beobachtungen von Sabine auf das Bestimmteste erwiesen wird [58]); hier aber war auch bei allen angestellten Messungen die Temperatur des Meeres und somit der unmittelbar über ihm befindlichen Luftmasse größer, als die der Atmosphäre. Biot hat das vorher gegebene Gesetz theoretisch entwickelt [59]) und seine in Dünkirchen angestellten Beobachtungen bestätigen dieses vollkommen. Aehnliche Erfahrungen hat man auch auf dem Lande gemacht, wenn man über Ebenen nach entfernten Gegenständen visirte. Unter den verschiedenen Arbeiten, welche diesen Gegenstand behandeln, erwähne ich vorzugsweise die von Brandes [60]), Büsch [61]), Gruber [62]), Wollaston [63]) und Woltmann [62]).

56) Gilbert's Annalen XLVII, 386.

57) Bd. I. S. 56.

58) Edinb. Journ. of Sc. III, 274.

59) Gilbert's Ann. XLVII, 366.

60) Das. XVII, 129. und in einer besondern Schrift über terrestrische Strahlenbrechung. 8. Oldenburg 1807.

61) Jo. Geo. Büsch tractatus duo optici argumenti. 8. Hamburg 1783. Ich kenne nur den Auszug in Gilbert's Ann. III, 290.

62) Gilbert's Ann. III, 377 u. 397.

63) Phil. Trans. for 1803 und daraus Gilbert's Ann. XXIII, 394.

Digitized by Google

Um im Allgemeinen den Weg des Lichtes bei dieser Erscheinung zu übersehen, bezeichne O (Taf. I. Fig. 7.) das Auge des Beobachters und H den sichtbaren Horizont. Käme der Strahl zu dem Beobachter durch eine Luftschicht von einerlei Dichtigkeit, so würde der Horizont nach der Richtung OH erscheinen, welche wir der Einfachheit halber uns geradlinig vorstellen wollen, und wenn OB die durch das Auge gelegte Horizontallinie bezeichnet, so giebt der Winkel BOH die wahre Depression des Horizontes an. Es sey aber der Boden wärmer als die Luft in der Höhe von mehreren Fußen, so nimmt die Dichtigkeit der Luftmassen nach unten schnell ab. Wir wollen uns vorstellen, der Theil der Atmosphäre, durch welchen der Strahl geht, bestehe aus sehr dünnen Schichten von einerlei Dichtigkeit. Nachdem der Strahl HC seinen Weg geradlinig durch die unterste Schicht fortgesetzt hat, tritt er bei C in eine kältere also dichtere Masse und wird daher gegen das Einfallsloth, folglich nach oben gebrochen, und indem sich dieses in jeder folgenden Schicht wiederholt, beschreibt er die nach oben concave Curve HCA, gelangt also nicht ins Auge. Anders ist es mit dem Strahle HD, welcher im normalen Zustande nicht bis zum Beobachter gelangt wäre; er wird auf eine ähnliche Art gekrümmt, und indem er nach O gelangt, sieht der Beobachter den Horizont nach der Tangente OH_1, es bezeichnet also der Winkel BOH_1 die scheinbare Depression des Horizontes, welche größer ist, als die wahre. Das Umgekehrte würde erfolgt seyn, wenn sich die Temperatur in der Nähe des Bodens nach unten vermindert hätte.

Wenn der Boden stark erhitzt ist, so bemerkt man nicht selten ein lebhaftes Zittern der Gegenstände, Stücke von dem Horizonte werden scheinbar losgerissen, zeigen sich einige Zeit in der Luft und vereinigen sich dann wieder mit der Hauptmasse. Schwache Winde vermischen in diesem Falle Luftschichten von ungleicher Dichtigkeit und verschiedenem Brechungsvermögen, und so zeigt sich dasselbe Phänomen, welches wir vorher beim Funkeln der Sterne betrachtet haben. **Gruber, Wollaston** und andere Physiker haben Versuche im Kleinen angestellt, indem sie über erhitzte Metallmassen nach entfernten Gegenständen sahen und bemerkten hier dieselbe Thatsache.

Wenn

Wenn man jedoch durch Luftschichten der erwünschten Art hindurchsieht, so bemerkt man nicht selten eine Art Vervielfältigung der Bilder. Wollaston [64]) gab zuerst ein Verfahren an, diese Erscheinung im Kleinen hervorzubringen. Man denke sich ein durchsichtiges Mittel ABCD (Fig. 8.), welches aus horizontalen Schichten besteht, deren Brechkraft anfänglich bis zu einer gewissen Höhe constant ist, darauf nach und nach abnimmt, bis sie endlich wieder constant wird, aber kleiner ist, als in der untersten Schicht. Man erhält ein solches Fluidum, wenn man in ein Gefäß zuerst Wasser gießt, darauf unter dieses Wasser vermittelst eines feinen bis zum Boden gehenden Trichters Schwefelsäure treten läßt. Beide Flüssigkeiten haben eine große Verwandtschaft zu einander; da sie sich aber in ebenen Flächen berühren, so vergeht lange Zeit, ehe sie sich vollständig mischen, und so finden wir am Boden concentrirte Schwefelsäure, worauf Schichten folgen, die aus Wasser und Säure bestehen, in denen das erstere aber in desto größerer Menge vorhanden ist, je weiter wir uns vom Boden des Gefäßes entfernen, bis wir zu oberst reines Wasser finden. Mit der Dichtigkeit dieser Schichten ändert sich auch zugleich das Brechungsvermögen. Nach den Messungen von Brewster [65]) ist das Brechungsverhältniß bei Wasser 1,345, bei Schwefelsäure 1,517; von der einen dieser Größen bis zur andern findet ein allmähliger Uebergang Statt. Wird der Versuch in einem rechtwinkligen Glasgefäße angestellt, so daß die Wände keinen Einfluß auf die Richtung des Strahles haben und befindet sich dann ein leuchtender Punkt A auf einer von den Wänden des Gefäßes in einer Höhe wo die Säure noch nicht sehr verdünnt ist, so gelangt ein horizontaler Strahl direct zu dem in O befindlichen Auge. Ein zweiter nach oben gehender Strahl wird beim Eintritte in jede dünnere Schicht nach unten gebrochen, und wenn die Lage des Punktes A passend gewählt ist, so beschreibt der Strahl die Curve AEO und gelangt mithin ebenfalls zum Auge. Man sieht demnach im Punkte O zwei Bilder des leuchtenden Punktes, das eine vermittelst des geradlinigen Strahles AO,

64) Gilbert's Ann. XI, 13 folg.

65) Brewster Treatise on new philosophical instruments. 8. Edinburgh 1813. p. 264.

das zweite vermittelst des krummen AEO. Nimmt man statt des Punktes A Gegenstände, z. B. ein Stück Papier, auf welches einige Buchstaben geschrieben sind, die in einer horizontalen Zeile liegen, so sieht das in O befindliche Auge diese Schrift zweimal, zuerst nämlich steht die Schrift gerade, darüber steht sie umgekehrt. Je nachdem man dem Auge eine andere Stellung giebt, ändert sich auch das Ansehen dieser Schrift und der Abstand beider Bilder. Wird dieses passend gehalten und haben die Flüssigkeiten sich in dem erforderlichen Verhältnisse gemischt, so erscheinen drei Bilder, eines direct, darüber erscheint das verkehrte, und sehr nahe unter diesem erscheint ein gerade stehendes.

Wenn man den Versuch bei günstiger Beleuchtung macht, so erscheinen die oberen indirecten Bilder häufig etwas gefärbt. Eben dieses sah **Biot** bei seinen geodätischen Operationen, als der Lichtstrahl durch eine große Luftstrecke hindurchgegangen war [66]). Er bemerkte nämlich, als er nach den entfernten Reverberen sah, im Fernrohre zwei Bilder des leuchtenden Punktes, eins senkrecht über dem andern, wenigstens drei Minuten von einander entfernt. Das wahre Licht erschien an seiner gewöhnlichen Stelle; das zweite Bild lag höher am Himmel, war größer und dilatirter und zeigte ein wenig Regenbogenfarben. Kurz darauf erscheinen statt zweier Lichter, drei, vier und mehrere, die unregelmäßig erscheinen und verschwinden, doch so, daß die niedrigsten, die dem wahren Bilde am nächsten waren, eher, leichter und häufiger erscheinen, als die übrigen; die höchsten dagegen waren die ausgedehntesten und glänzendsten.

Wenn in der Nähe des Bodens die Temperatur der Luft eine sehr schnelle Aenderung mit der Höhe erleidet, so zeigt sich hier etwas völlig Aehnliches. Gesetzt, der Boden sey bedeutend wärmer als die Luft in der Höhe des Auges, so sieht dieses den Gegenstand zuerst direct, vermöge des Strahles HO (Taf. I. Fig. 7.); ein zweiter nach unten gegangener Strahl wird in der Richtung HDO gekrümmt und das Auge erblickt den Gegenstand nochmals unter seinem wahren Bilde in verkehrter Stellung, so daß es also scheint, als ob er sich hier abspiegele; diese Täuschung wird um so größer, da die Strahlen von den zwischen H und H_1 liegenden

66) Gilbert's Ann. XLVII, 244.

Punkten nicht zum Auge gelangen, und so scheint hier ein von Gegenständen leerer Raum in der Nähe des gespiegelten Bildes zu liegen, welches man um so eher für Wasser zu halten geneigt wird, da schwache Ströme die Luft am Boden mischen, und dadurch den Gegenständen eine zitternde Bewegung mittheilen, so daß man Wellen auf der Oberfläche des Wassers zu sehen glaubt. Ist dagegen die Luft in der Tiefe kälter als in der Höhe von mehreren Fußen, so erscheint das gespiegelte Bild über dem wahren, und über ihm zeigt sich noch ein gerade stehendes.

Da in diesem Falle der Gegenstand sich scheinbar in der Luft abspiegelt, so hat man ihm den Namen Luftspiegelung gegeben; an der norddeutschen Küste heißt es Kimmung, sehr häufig bedient man sich auch des französischen Namens *Mirage*. Verschiedene Physiker und Reisende haben eine Menge einzelner Wahrnehmungen dieser Art mitgetheilt, von denen ich hier einige anführen will [67]).

Die französische Armee in Aegypten wurde durch diese Erscheinung eines gespiegelten Bildes oft auf eine schreckliche Art getäuscht, und die hier gesammelten Erfahrungen wurden von Monge einer Arbeit darüber zum Grunde gelegt. Der Boden von Unter-Aegypten bildet eine große vollkommen horizontale Ebene, in welcher auf wenig erhöhten Hügeln die Dörfer liegen. Am Abend und Morgen erscheinen die Gegenstände in ihrer natürlichen Lage und Entfernung; wenn aber die Oberfläche des Bodens durch die Sonne stark erhitzt worden ist, so scheint in der Ferne das Land von einer großen Wassermasse bedeckt zu seyn;

67) Gilbert hat in seinen Annalen der Physik mit einer großen Liebe die meisten Arbeiten über diesen Gegenstand zusammengestellt. Ich erwähne unter diesen namentlich die Abhandlungen von Huddart Bd. III. S. 257, von Büsch das. S. 290, von Boscovich, Monge und Ellicott das. S. 302, von Gruber das. S. 377, von Woltmann das. S. 397, von Vince das. Bd. IV. S. 129, von Latham das. S. 142, von Wollaston das. Bd. XI. S. 421, von Castberg Bd. XVII. S. 183, von Kries das. XXIII, 365, Biot das. XLVII, 237. aus den Mém. de l'Institut für 1809. Erdmann in Gilbert's Ann. 1818. St. 1. und Beiträge zur Kenntniss des Innern von Rußl. II, 289. Außerdem theilen viele Reisende Thatsachen dieser Art mit; ich erwähne unter diesen nur Humboldt Voyage IV, 290. und Scoresby Reise S. 139 u. a. a. O.

Digitized by Google

die Dörfer erscheinen als Inseln in einem großen Meere. Unter jedem Dorfe erscheint sein verkehrtes Bild so, als es sich in einer Wassermasse abspiegeln würde. So wie man näher kommt, entfernen sich auch die Gränzen dieser Ueberschwemmung und der um das Dorf liegende See zieht sich zusammen; endlich verschwindet er ganz und die Täuschung wiederholt sich bei einem entfernter liegenden Dorfe.

Die arabischen Schriftsteller sprechen sehr häufig von diesem Phänomene, welches sie mit dem Namen Serab bezeichnen. Frähn [68]) hat aus orientalischen Schriftstellern eine Menge von Stellen gegeben, durch welche nicht blos die Häufigkeit, sondern auch das Trügerische der Erscheinung bewiesen wird. So heißt es im Koran: „Der Ungläubigen Werke sind dem Serab in einer Ebene gleich; der Durstende hält es für Wasser, bis er hinkommt und findet, daß es nichts ist."

Wenn das Phänomen nicht mit großer Klarheit erscheint, so zeigt sich unter dem Gegenstande nur ein heller Lichtstreifen, was namentlich le Gentil bei der aufgehenden Sonne bemerkt hat, indem sich zwischen dieser und dem deprimirten Horizonte ein leerer Zwischenraum zeigte [69]). Wenn indessen ein solches scheinbares Schweben in der Luft Statt findet, so ist das gespiegelte Bild meistens so schmal, daß man es nicht wahrnimmt; nähert man das Auge dem Boden, so erscheint es sehr häufig, wovon Woltmann und Büsch mehrere Beispiele erzählen.

Wenn der Boden kälter ist, als die Luft in der Höhe von einigen Fußen, so ist der Gang des ungewöhnlichen Strahles AEO (Taf. I. Fig. 8.); man sieht daher nicht blos ein Bild über dem Gegenstande, sondern der Horizont wird dadurch auch sehr erweitert. So sah namentlich Vince über einem Schiffe, von welchem kaum die Segel über dem Horizonte hervorgetreten waren, zwei Bilder, ein gerade stehendes und darunter ein verkehrtes. Scoresby beobachtete in den grönländischen Gewässern mehrmals ähnliche Erscheinungen [70]). Als die Sonne am

68) Erdmann Beitr. II, 304.

69) Gilbert's Ann. XLVII, 406.

70) Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 139. Von den angegebenen Meilen gehen 60 auf einen Grad des Aequators.

Digitized by Google

19ten Junius 1822 bei windstillem Wetter drückend war, so schien das Land plötzlich 15 bis 20 Meilen näher zu seyn; die verschiedenen Theile desselben ragten so stark hervor, daß sie vom Verdeck mit größerer Deutlichkeit unterschieden werden konnten, als vorher vom Mars aus. Das Eis am Horizonte nahm mancherlei sonderbare Gestalten an: große Eisblöcke wurden zu aufrecht stehenden Säulen — Eisschollen und Eisfelder erhoben sich zu einer Kette von prismatischen Felsen — und an vielen Stellen erschien das Eis in der Luft in einer Höhe von einigen Minuten über dem Horizonte. Die Schiffe in der Nähe zeigten sich in seltsamen Formen. Die Segel und Masten waren sonderbar verunstaltet. An einigen Schiffen waren die unteren großen Segel fast zu nichts zusammengerückt; dagegen die Marssegel beinahe auf das Vierfache ihrer wirklichen Höhe ausgedehnt und die Bramsegel verstümmelt. Hier und da kamen ganz seltsame Verbindungen zum Vorschein. Ueber dem Bramsegel schien noch ein Segel, wie ein schwebendes Oberbramsegel, aufgesetzt; an andern war das in die Länge gezogene Marssegel deutlich in zwei Segel getheilt, indem das eigentliche Segel von seinem Bilde durch einen Zwischenraum getrennt war. Ueber einigen entfernten Schiffen sah man ein verkehrtes Bild derselben in der Luft, das oft größer war, als das Schiff selbst; in einigen Fällen war dies in beträchtlicher Höhe über dem Schiff; aber es erschien immer von geringerer Größe als das Original, wenn beide nicht mit einander in Berührung standen. Das Bild des einen Schiffes war mehrere Minuten nach einander deutlich zu sehen, während das Schiff selbst, zu welchem es gehörte, nicht zu sehen war. Ein Schiff war sogar mit zwei Bildern gekrönt, einem verkehrten und einem aufrechten.

Scoresby erzählt an verschiedenen Stellen seiner Reise ähnliche Thatsachen. Als er sich am 24sten Julius in der Nähe der Ostküste von Grönland befand, so war die Kimmung sehr stark und das Land so wie die Eisberge zeigten sich unter mancherlei sehr seltsamen Gestalten [71]). „Die auffallendste Wirkung war das deutliche verkehrte Bild eines Schiffes, am klaren Himmel, während das Schiff selbst jenseits unseres Horizontes war. Solche Erscheinun-

71) Das. S. 219.

Digitized by Google

gen waren uns zwar auch sonst schon vorgekommen, aber das Eigenthümliche bei der jetzigen war die Vollständigkeit des Bildes und die große Entfernung des Schiffes, zu welchem es gehörte. Es war so ausnehmend scharf begränzt, daß, da ich es mit einem Dollondschen Fernrohre betrachtete, ich jedes Segel, die ganze Gestalt des Schiffes und seinen eigenthümlichen Charakter erkennen konnte; ich erkannte sogleich, daß es meines Vaters Schiff wäre; und es fand sich hinterher, daß es dies wirklich gewesen war — obgleich sich aus unserer Rechnung ergab, daß wir damals beinahe 30 Meilen von einander entfernt waren — welches etwa 17 Meilen jenseits des eigentlichen Horizontes und noch mehrere Meilen jenseits der Gränze des unmittelbaren Sehens war."

Biot [72]) führt mehrere ähnliche Erfahrungen von Cook an, unter denen ich nur die folgende hervorheben will. Als er am 31sten December 1773 in dem südlichen Polarmeere die Mittagshöhe der Sonne beobachten wollte, kam ein heftiges Schneegestöber von Osten her vor dem Schiffe vorbei. In demselben Augenblicke verbarg sich eine gerade unter der Sonne liegende, bis dahin sichtbare und weit innerhalb der Gränze des scheinbaren Horizontes reichende Eisinsel, unter dem Horizonte, der gut begränzt sichtbar blieb. Als der Schneeschauer vorüber war, kam jene innerhalb des Gesichtskreises liegende Insel wieder zu Gesichte. Das Thermometer in der Luft zeigte 1°, 7 C. Es ist wahrscheinlich, daß der fallende Schnee eine plötzliche Kälte in den unteren Luftschichten zwischen dem Schiffe und der Eisinsel hervorbrachte, und so konnte eine außerordentliche Refraction entstehen, welche Punkte, die zwischen jener Insel und dem Schiffe lagen, durch niederwärts gehende Aeste der Trajectorien der Lichtstrahlen sichtbar machte. Diese Hypothese wird dadurch bestätigt, daß nach dem Schauer die Sonnenscheibe nicht mehr mit dem Horizonte und noch weniger mit der Insel in Berührung war, wenn man sie durch das Fernrohr des Sextanten betrachtete, mit welchem die Höhe gemessen war. Man sah sich genöthigt, die Sonnenscheibe um 32 Minuten herabzurücken, um sie mit dem Gipfel der Insel in Berührung zu bringen, der doch niedriger als der eben beobachtete ungewöhnliche Horizont liegen mußte. Die

72) Gilber's Ann. XLVII, 386.

wahre Depression des Horizontes betrug am Bord der Resolution nur 4′ 2″, und jener Horizont mußte also als oberhalb der horizontalen Gesichtslinie liegend erscheinen.

Da die Temperaturdifferenz benachbarter Luftmassen, welche zur Erzeugung der Luftspiegelung erforderlich ist, vorzugsweise in den über einander gelagerten Schichten Statt findet, so werden wir die verschiedenen Bilder desselben Punktes auch meistens über einander sehen. Zeigt sich jedoch die erforderliche Verschiedenheit der Dichtigkeit in den neben einander liegenden Massen, so findet eine Seitenspiegelung (mirage latéral) Statt. Eine Thatsache dieser Art beobachteten Jurine und Soret [73]) auf dem Genfer See, indem am 17ten Septbr. 1820 neben einem nach Genf kommenden Schiff sein Bild erschien; die hohen Gebirge auf der savoyischen Seite warfen ihre Schatten bis zu bedeutender Ferne auf den See, und so scheint das Schiff genau an der Gränze des beschatteten und von der Sonne erwärmten Theiles der Atmosphäre fortgefahren zu seyn. Aehnliche Thatsachen beobachtete Blackadder in der Nähe von Leith [74]).

Wenn eine Luftspiegelung im engern Sinne Statt finden soll, wenn wir also unter dem wahren Gegenstande sein verkehrtes Bild sehen wollen, so ist jedesmal erforderlich, daß die Temperatur in der Nähe des Bodens bedeutend wärmer sey, als in einiger Höhe. Diese schnelle Aenderung der Temperatur beweist aber stets einen unregelmäßigen Zustand der Atmosphäre, und die Windstille, welche in unsern Klimaten erforderlich ist, damit das Phänomen recht auffallend hervortrete, wird in Folge des aufsteigenden Luftstromes nicht selten von heftigen Stürmen verdrängt. Ich habe bereits früher erwähnt, daß in Tagen, wo Gewitter Statt finden, meistens eine schnelle Abnahme der Temperatur mit der Höhe beobachtet wird [75]), und Biot stellt allgemein den Satz auf, daß die Erscheinung auf dem Meere meistens plötzliche Aenderungen der Temperatur beweise [76]). Verschiedene Beobachter haben uns Beispiele davon aufbewahrt.

---

73) Journ. de physique XC, 217.

74) Edinb. Journ. of Sc. III, 13.

75) Bd. II. S. 426.

76) Biot Traité III, 322.

Digitized by Google

So erzählt Huddart [77]), daß einige Zeit nach einer lebhaften Luftspiegelung, die er in der Nähe von Macao erlebte, ein starker Typhon folgte; etwas Aehnliches beobachtete Ellicott am Erie-See [78]), und nach den Beobachtungen von Woltmann folgte auf eine ungewöhnliche terrestrische Refraction nicht selten ein Gewitter oder statt dessen viel Regen oder stürmische Witterung [79]), und eben so hält Castberg lebhafte Luftspiegelung für ein Prognosticon eines Sturmes [80]). Selbst in den Sandwüsten Africas, wo sich die Luftspiegelung häufig zeigt, bemerkte Burckhardt, daß auf eine ungewöhnliche lebhafte Erscheinung dieser Art ein Gewitter folgte [81]).

Wir haben bisher vorzugsweise die Erscheinungen betrachtet, welche sich bei einem mehr oder weniger heitern Himmel zeigen. Wenn jedoch die Lichtstrahlen auf niedergeschlagene Dämpfe treffen, so werden sie hier auf mancherlei Art gebeugt, gebrochen und reflectirt, und es entsteht daraus eine Klasse complicirter Erscheinungen, welche wir mit dem Namen Höfe bezeichnen wollen, die sich aber nur vorzugsweise an der Sonne und dem Monde erkennen lassen, weil das Licht der übrigen Himmelskörper nicht hinreichend stark ist. Obgleich jedoch diese Erscheinungen von den Mathematikern häufig untersucht sind, so hat man auch hier das Physikalische zu wenig beobachtet, und dennoch eignen sie sich vorzugsweise dazu, uns einen Aufschluß über manche wichtige Vorgänge in den höheren Luftschichten zu geben. Selbst die Terminologie ist bei einigen dieser Erscheinungen nicht allgemein festgestellt. Bei dünn bewölktem Himmel zeigt sich häufig ein gefärbter Ring, in welchem vorzugsweise das Roth vorherrscht, um die Sonne oder den Mond, dessen Durchmesser nur wenige Grade beträgt; zuweilen findet man mehrere solcher Ringe, die durch einen Zwischenraum geschieden sind, in welchem vorzugsweise grün zu erkennen ist. Eine Erscheinung dieser Art wollen wir Kranz (corona) nennen; unter einem Hofe im engern Sinne verstehen wir

77) Gilbert's Ann. III, 258.

78) Das. III, 305.

79) Das. III, 409.

80) Das. XVII, 197.

81) Burckhardt Nubia p. 188, 379, 384 und an mehreren Stellen.

Digitized by Google

dagegen größere Kreise, die sich um Sonne und Mond zeigen und deren Durchmesser etwa 44° beträgt; zuweilen sind damit noch Kreise von dem doppelten Durchmesser, Nebensonnen, und anderweitig gestaltete Kreise verbunden. Häufig werden beide Erscheinungen mit demselben Namen belegt, da sie aber auf völlig verschiedene Art entstehen und da außerdem das Ansehen des Himmels bei beiden eine Verschiedenheit zeigt, so scheint eine Unterscheidung nöthig, und diejenigen Schriftsteller, welche die Entstehung derselben näher untersucht haben, namentlich Fraunhofer [82]) und Brandes [83]), bezeichnen sie mit dem Namen kleiner und großer Höfe. Zu den Kränzen rechnen wir auch diejenige Erscheinung, welche sich zeigt, wenn der Schatten eines Beobachters auf eine Wolke fällt, wobei sein Kopf alsdann von gefärbten Ringen umgeben wird. Der Geograph Keller in seiner Beschreibung des Rigi bezeichnet dieses Phänomen mit dem Namen Nebelbild, und unter diesem ist es gewiß den meisten Reisenden durch die Alpen bekannt; wir wollen es Gegensonne nennen.

Es giebt wenige optische Erscheinungen, deren Erklärung den Naturforschern so viele Schwierigkeiten gemacht hat, als das vorliegende, und Priestley sagt nach Aufzählung der wichtigsten dabei beobachteten Thatsachen [84]): „Ueberhaupt bemerke ich, daß die unendlichen Abwechselungen, die sich dabei zeigen, anzudeuten scheinen, daß viele dieser Erscheinungen nicht aus den allgemeinen Gesetzen der Brechung, Zurückwerfung und Beugung, wie sie an durchsichtigen Körpern von beträchtlicher Größe sich äußern, herzuleiten seyn mögen; sondern daß es dabei auf die wechselsweise vorhergehende Zurückwerfung und Durchlassung der ungleichartigen Strahlen ankommt, welche Körpern eigen ist, die in dünne Scheibchen zerblättert oder in sehr kleine Theilchen zerfället sind. Wo aber die Höfe ziemlich von einerlei Größe und Breite sind, wie es der Fall mit dem gewöhnlichen größern Hofe

82) Schumacher astronom. Abhadl. III, 34.

83) Gehler's Wörterb. N. A. V, 433. Auch Newton erklärte sich mit Bestimmtheit für eine Verschiedenheit beider Erscheinungen, Optice. 4. Lausannae 1740. p. 249.

84) Priestley Gesch. der Optik S. 434.

Digitized by Google

um die Sonne oder um den Mond ist, der ungefähr halb so groß ist, als der Regenbogen, da mag man vielleicht mit den allgemeinen Gesetzen der Strahlenbrechung auskommen können."

Cartesius war der erste, welcher diese Erscheinungen zu einer Zeit zu erklären suchte, wo man kaum die einfachsten Gesetze der Optik kannte und wo es noch fast ganz an Untersuchungen über das Wesen gasförmiger Körper fehlte [85]). Er glaubt, die Erscheinung rühre von der Brechung der Luft in den Eistheilchen her, die zu solchen Zeiten in der Luft schweben; obgleich diese Theilchen als platte Körper zur Oberfläche der Erde gelangen, so mögen sie doch vor ihrem Falle in der Mitte dicker gewesen seyn, und von dieser verschiedenen Dicke rührt vielleicht die Ungleichheit ihres Halbmessers her. Genauer untersuchte Huygens diese Erscheinungen [86]) und entwickelte eine Theorie derselben, welche auch Newton für wahrscheinlich hielt [87]). Er nahm an, es erfolge dabei eine Brechung in runden Körpern, welche aus einem Schneekerne bestünden, der von Wasser umgeben wäre; hätten diese die Größe von Rübsaamen, so könnten sie sehr wohl in der Luft schweben. Wenn der Durchmesser der innern Kugel 0,48 oder 0,68 von dem ganzen Durchmesser des Körpers betrüge, so würden dadurch Höfe von $22\frac{1}{2}$ oder 45° Halbmesser erzeugt. Um die Nebensonnen zu erklären, nahm er Eiscylinder an, deren Axe vertical schwebte und die das Sonnenlicht zurückwürfen, wodurch ein weißer horizontaler Ring gebildet würde. Auch dieser undurchsichtige Kern wäre auf seiner Oberfläche mit einer Wasserschicht umgebrn, und die Brechung in diesen erzeugte dann die der Sonne zunächst liegenden Nebensonnen. Werden die Strahlen von der hintern Fläche dieser Cylinder reflectirt und wieder gebrochen, so können mehrere Nebensonnen entstehen. So sucht Huygens durch Rechnung alle diese einzelnen Umstände aus dieser Hypothese zu erläutern. Doch die Grundansicht, daß wir Kugeln oder Cylinder annehmen müssen, um die Erscheinungen zu erklären, ist jedenfalls unrichtig, da das frei krystallisirende Wasser nie diese Gestalt erhält.

85) Cartesii Dioptrica p. 230.

86) Christ. Hugenii Dissertatio de coronis et parheliis in Opusc. posth. Lugd. Bat. 1703.

87) Newtoni Optice p. 128 u. 248.

Digitized by Google

Andere Naturforscher, namentlich Mayer [88]), haben gegen diese Ansicht den Einwurf gemacht, daß es nicht wahrscheinlich sey, daß zu der Zeit, wo sich das Phänomen der Nebensonnen und Höfe zeige, Eistheilchen in der Luft schweben, da wir sie häufig im Sommer beobachten; er leitet daher deshalb das Phänomen aus den Nebelbläschen ab, eine Ansicht, welche späterhin Moser mit vielem Scharfsinne verfolgte [89]).

Mariotte hatte zuerst eine richtigere Ansicht von diesem Phänomene, indem er die größeren Höfe und die damit zusammenhängenden Erscheinungen aus der Brechung in Eiskrystallen ableitete, also in Körpern, wo wir einen constanten Winkel und eine bestimmte regelmäßige Gestalt finden [90]). Diese Ansicht, für welche sich fast nur Cassini erklärte [91]), und welche durch Alles, was wir in der Folge über Krystallisation der Körper kennen gelernt haben, einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit erhält, wurde indessen wenig beachtet, weil Huygens, wie Brandes sehr wahr bemerkt [92]), durch seine, mit so großem Scharfsinne durchgeführte Theorie, die in einigen auffallenden Rücksichten genau mit der Erfahrung übereinstimmte, die Meinungen der Physiker für sich gewann, und dagegen die weniger durchgeführte Theorie des Mariotte nicht so sorgfältig geprüft wurde, als sie verdiente.

Neuere Naturforscher haben die Ansicht, daß eine Brechung in Krystallen Statt finde, wenn größere Höfe entstehen sollen, mit Glück verfolgt und auf eine überraschende Art die wichtigsten Erscheinungen aus dieser Ansicht abgeleitet. Mit großem Scharfsinne verfolgte diese Ansicht namentlich Venturi [93]), Fraun-

88) Comment. Gotting.

89) Poggendorff's Ann. XVI, 71.

90) Oeuvres de Mariotte I, 272. Auch Newton folgerte aus der größern Entfernung des eigentlichen Hofes, productam fuisse eam refractione in grandine aliqua vel nive aeri innatante, et situ quidem ad horizotalem parallelo diffusa; angulo refringente, existente nimirum graduum circiter 58 vel 60. Optice p. 249.

91) Mém. de Paris X, 234.

92) Gehler's Wörterb. N. A. V, 459.

93) Venturi Commentari sopra la storia e le teorie dell' ottica. Tom. I.

Hofer [94]) und Brandes. Der letztere entwickelte in mehreren Aufsätzen in Gilbert's Annalen der Physik mehrere Umstände bei diesen Phänomenen, eine sehr vollständige Arbeit theilte er in dem Artikel Hof in der neuen Ausgabe von Gehler's Wörterbuche mit. Hauptsächlich diese letztere Arbeit zu Grunde legend, werde ich die wichtigsten Umstände dieser Erscheinung verfolgen.

Ich wende mich zunächst zu der Betrachtung der Lichtkränze. Wenn dünne Wolken oder Nebel bei der Sonne vorbeiziehen, so daß die Strahlen von dieser nicht zu sehr geschwächt werden, so sieht man sie von einem Kranze umgeben, der allemal mehr oder weniger deutlich erscheint, wofern sich nicht bei häufig ähnlichem Ansehen des Himmels ein eigentlicher Hof zeigt, wo dann der Kranz seltener ist. Da man in der Regel von den Strahlen der Sonne zu sehr geblendet wird, um die Färbungen in ihrer Nähe zu sehen, so bemerkt man die Erscheinung mit bloßem Auge seltener, als beim Monde. Man kann sie indessen bemerken, wenn man sich so stellt, daß man die Sonne nicht selbst, sondern nur den benachbarten Theil des Himmels sieht, wie dieses namentlich Musschenbroek empfiehlt [95]). Zweckmäßiger zur Beobachtung scheint mir die Anwendung der Reflexion. So sah Newton mehrere Erscheinungen dieser Art, als das Sonnenbild von einem Gefäße Wasser reflectirt wurde [96]). Ich bediene mich seit mehreren Jahren zu dieser Klasse von Beobachtungen eines auf der Rückseite geschwärzten Glasspiegels; das Licht wird dadurch so geschwächt, daß es möglich ist, die Erscheinungen in der Nähe der Sonne zu sehen, und wofern auch hier das Licht noch so lebhaft seyn sollte, daß das Auge geblendet würde, so können durch Neigung des Spiegels blos die Strahlen von den in der Nähe der Sonne liegenden Theilen des Himmels reflectirt werden.

Wofern die Wolken nicht so dicht sind, daß die von der Sonne kommenden Strahlen nicht mehr durch sie hindurchzudringen vermögen, zeigen alle Wolken mit Ausnahme der Cirri und weit ausgedehnten Cirrostrati von geringer Dicke Spuren von Lichtkränzen. Doch ist die Schönheit und Lebhaftigkeit derselben

94) Schumacher astron. Abh. III, 54.

95) Musschenbroek Introd. II, 1036.

96) Newton Optice p. 247.

nicht bei allen gleich groß. Nie habe ich sie schöner gesehen, als in den Nebeln, welche sich während der Nacht in den Thälern bilden und sich gegen Mittag allmählig zu den Spitzen der Berge erheben; zogen einzelne solcher Nebelflocken neben mir vor der Sonne vorbei, so erschienen die Farben mit einer Pracht, wie ich sie selten wieder gesehen habe. Nicht minder schön zeigen sie sich in Cirrocumulis, zumal wenn diese lockeren Massen blendend weiß und ihre Ränder so verwaschen sind, daß man die Umrisse nur mit Mühe auf dem Himmel verfolgen kann. Die einzelnen Flocken der Bewölkung haben dann ein gut abgerundetes Ansehen, gleich Kugeln, welche breit gedrückt sind. Mit zwar eben so lebhaften Farben, aber weniger regelmäßig geformt, erscheinen sie in denjenigen lockeren weißen Wolken, welche sich mit ziemlich scharfen, dem Horizonte parallelen Gränzen weit am Himmel erstrecken und welche man wegen ihres Ansehens Cirrostrati nennen könnte. Mit bloßem Auge nimmt man sie allerdings öfter in diesen Wolken wahr, weshalb mehrere Schriftsteller, wie Forster [97]), der Meinung sind, daß sie die Entstehung vorzugsweise begünstigen; betrachtet man jedoch die Erscheinung vermittelst eines geschwärzten Spiegels, so erkennt man in dieser scheinbar gleichförmigen Wolke manche Unregelmäßigkeiten, der gefärbte Kreis ist nicht gut begränzt und es zeigen sich bis zu bedeutender Entfernung von der Sonne unregelmäßig zerstreute Farben, besonders an solchen Stellen, wo die Wolke eine geringere Dicke hat. In eigentlichen Cumulis ist häufig die Masse von Bläschen so groß, daß das Licht nicht in hinreichender Menge durchdringt, um die Erscheinung hervorzubringen, dagegen sieht man die Farben oft ziemlich lebhaft und gut begränzt in einzelnen dünnen Fasern, welche unter mancherlei Formen sich von der Hauptwolke entfernen und in der Nähe der Sonne stehen. Spuren dieser Erscheinung sieht man oft zwischen den Wolken, die sich bei zunehmender Tageswärme aus einer dicken Masse bilden, die am Morgen die Sonne verdeckte, zur Zeit der größten Tageswärme verschwand und am Abend wieder erscheint, doch sind hier die Farben weder lebhaft, noch die Kreise gut begränzt. Es ergiebt sich aus dem so eben Gesagten, daß die Erscheinung des Kranzes kei-

97) Forster Wolken S. 99.

Digitized by Google

neswegs zu den Seltenheiten gehört, sondern daß man ihn täglich beobachten kann, wenn dünne Wolken bei der Sonne vorbeiziehen.

Selten zeigt sich das Phänomen in solcher Vollständigkeit und Schönheit, als es von Newton im Junius 1692 gesehen wurde. Er konnte hier drei Reihen von Ringen unterscheiden; zunächst an der Sonne lag ein mattes Blau, worauf Weiß und späterhin Roth folgte; in der zweiten Reihe folgten Purpur, Blau, Grün und blasses Gelb und Roth; in der dritten blasses Blau und mattes Roth. Auf völlig ähnliche Art beobachtete Jordan mehrere Höfe [98]), doch sind sie selten so vollständig, meistens sieht man ein mattes mit vielem Weiß untermischtes Blau zunächst um die Sonne, worauf der rothe Kreis sich zeigt; wird außer diesem ersten rothen Ringe noch ein zweiter rother gebildet, so zeigt sich in dem Zwischenraume zwischen beiden vorzugsweise Grün. Es zeigt sich bei dem vollständigen Phänomene also sehr nahe dieselbe Folge der Farben, welche wir bei der Interferenz und den Newtonschen Ringen beobachten. Außer dem allgemeinen Ansehen der Kränze ändert sich auch ihr Durchmesser. So fand Newton in dem obigen Falle die Durchmesser der drei rothen Kreise gleich 5° 6′, 9° 20′ und 12°. Am 19ten Februar 1664 fand er für die Durchmesser der rothen Kreise bei einem Kranze um den Mond 3° und 5° 30′, also nur etwa halb so große Dimensionen, als in dem ersteren Falle.

Jordan bemühte sich zuerst zu beweisen [99]), daß die Kränze durch Inflexion des Lichtes gebildet würden; aber erst nachdem die Gesetze der Interferenz der Lichtstrahlen durch die Arbeiten von Young, Fresnel und Fraunhofer in ein helleres Licht gesetzt waren, konnte diese Untersuchung mit Erfolg vorgenommen werden, und der letztere der gedachten Naturforscher hat eine vollständige Theorie des Phänomenes gegeben [100]). Wollen wir die Beugung zum Grunde legen, so bleibt nur die Annahme übrig, daß diese Modification der Luftstrahlen an den Dunstbläschen erfolge. Um sich zu überzeugen, daß am Rande kleiner undurchsichtiger Körper eine Beugung erfolge, legte Fraunhofer sehr

98) Gilbert's Ann. XVIII, 30. XLII, 403.

99) Das. XVIII, 21.

100) Schumacher's astron. Abh. III, 56.

Digitized by Google

viele gleich große runde Stanniolblättchen von etwa 0,027 pariser Zoll Durchmesser unregelmäßig in solche Entfernung, zwischen zwei gute Plangläser, daß immer noch ein Blättchen hätte zwischen gelegt werden können, ohne daß sie sich berührt hätten. Diese beiden Plangläser wurden vor das Objectiv eines achromatischen Fernrohres gebracht und dann durch sie das durch eine runde Oeffnung in ein finsteres Zimmer gekommene intensive Sonnenlicht hindurchgelassen. In diesem Falle sah er durch das Fernrohr die untere Oeffnung des Fensterladens so glänzend hell, daß das Auge es kaum ertragen konnte, um dieselbe aber Farbenringe, welche denen ganz ähnlich waren, die durch runde Oeffnungen von dem Durchmesser der Stanniolblättchen gesehen werden und also ganz mit den kleineren Höfen übereinstimmen. Auch bei Glaskügelchen entstand genau dieselbe Erscheinung; zugleich war der Durchmesser des Hofes desto größer, je kleiner die Kügelchen waren, und zwar standen die Dimensionen der Höfe im umgekehrten Verhältnisse der Durchmesser der Kügelchen. Durch diese Versuche wird es also wahrscheinlich, daß wenn in der Atmosphäre Dampfbläschen von größtentheils gleichen Durchmessern vorhanden sind und sie so große Entfernungen von einander haben, daß durch ihre Zwischenräume noch Licht fahren kann, wie unregelmäßig sie auch verbreitet seyn mögen, durch die Beugung des Lichtes an dem Umkreise der Bläschen Farbenringe entstehen werden, die um so größer seyn müssen, je kleiner die Bläschen sind.

Es seyen also in dem Raume ab (Taf. II. Fig. 1.) unregelmäßige Dunstbläschen von gleicher Größe so enthalten, daß auf den größten Theil derselben das Licht unmittelbar gelangen kann. Dieses parallel auffallende Licht wird an jedem Bläschen gebeugt und unter verschiedenen Winkeln ausfahren. Das auf das Kügelchen c fallende Licht wird nach der Beugung so ausfahren, daß die rothen Strahlen, welche den ersten Farbenring bilden, auf der einen Seite nach d, auf der andern nach e kommen; die rothen Strahlen, welche den zweiten Ring bilden, werden von dem Bläschen c unter einem größern Winkel ausfahren, nämlich nach f; die rothen Strahlen des dritten Ringes nach g, die des vierten nach h. Das Auge eines in d befindlichen Beobachters, welcher die Sonne in der Richtung dk sieht, wird von dem Bläschen c nur die rothen Strahlen des ersten Ringes erhalten, weil

die übrigen nach andern Richtungen fahren und das Auge nicht treffen. Von einem weiter entfernten Bläschen m wird das Auge d nur die rothen Strahlen des zweiten Ringes erhalten; von dem Bläschen n die des dritten, von p die des vierten. Für Strahlen von anderer Farbe ist der Weg dem vorigen ähnlich. Sind die Dampfbläschen im ganzen Raume nach allen Richtungen verbreitet, so muß das Auge d um die Sonne Farbenringe sehen, deren Abstand für den ersten Farbenring dem Winkel kdc gleich ist; für den zweiten ist dieser Abstand kdm, für den dritten kdn u. s. w. Da die Farbenringe bei runden Oeffnungen um so weniger Intensität haben, je weiter sie von der Mitte abstehen, so müssen auch bei diesem Phänomene die äußeren Ringe schwächer seyn und allmählig unsichtbar werden. Da übrigens nach den Gesetzen der Beugung die blauen Strahlen weniger von ihrem Wege abgelenkt werden, als die entsprechenden rothen, so liegt der blaue Schein stets näher am leuchtenden Körper als der rothe [1]).

Aus dem Winkel, unter welchem der Durchmesser des rothen Ringes erscheint, läßt sich der Durchmesser der Dampfbläschen berechnen. Zieht man von dem scheinbaren Halbmesser eines jeden Ringes den Halbmesser der Sonne oder des Mondes ab [2]), um welchen der Farbenring größer ist, als er bei einem leuchtenden Punkte seyn würde, bezeichnet man dann den Ueberrest für den ersten, zweiten, dritten u. s. w. rothen Ring mit r_1, r_2, r_3.... und mit γ den Durchmesser eines Dampfbläschens in pariser Zollen, so geben anderweitige Versuche von Fraunhofer, die er im 8ten Bande der Abhandlungen der Akademie zu München bekannt gemacht hat, folgende Gleichungen:

$$r_1 = \frac{0{,}0000257}{\gamma}$$

$$r_2 = \frac{0{,}0000257}{\gamma} + \frac{0{,}0000214}{\gamma}$$

$$r_3 = \frac{0{,}0000257}{\gamma} + 2.\ \frac{0{,}0000214}{\gamma}$$

Aus

1) Fraunhofer l. l. und Brandes in Gehler's Wörterbuch N. A. V, 436.

2) Brandes l. l. S. 437 bemerkt, daß die Resultate seiner Rechnungen nicht mit denen von Fraunhofer stimmten, indessen liegt der Grund dieser Abweichung darin, daß Brandes es übersehen hat, den Halbmesser von Sonne oder Mond zu subtrahiren.

Digitized by Google

Aus diesen Gleichungen läßt sich γ berechnen, wofern die Werthe von r_1, r_2, r_3 .... bestimmt sind. So giebt die oben erwähnte Beobachtung von Newton die drei Gleichungen

$$0{,}043924 = \frac{0{,}0000257}{\gamma}$$

$$0{,}076794 = \frac{0{,}0000257}{\gamma} + \frac{0{,}0000214}{\gamma}$$

$$0{,}100065 = \frac{0{,}0000257}{\gamma} + 2.\frac{0{,}0000214}{\gamma}$$

und diese Gleichungen geben nach der Reihe

$\gamma = 0{,}000585$ pariser Zoll
$\gamma = 0{,}000613$
$\gamma = 0{,}000684$

Da hier die Dimensionen des ersten und dritten Ringes nur geschätzt wurden, so verdient der Werth $\gamma = 0'',000613$ den Vorzug.

Seit dem Jahre 1832 habe ich mehrere Messungen über die Dimensionen der Höfe angestellt, indem ich mich dabei eines kleinen Spiegelsextanten bediente, dessen Nonius einzelne Minuten gab. So sehr sich dieser Apparat auch dadurch empfiehlt, daß man die Beobachtung allenthalben machen kann, ohne daß man dazu eines Statives bedarf, so eignet sich ein Werkzeug mit Spiegeln wohl weniger zu dieser Messung als ein einfacher Apparat mit bloßen Dioptern; wenn das Licht durch die neben dem feststehenden Spiegel befindliche Glasplatte hindurchgeht, so wird es häufig so sehr geschwächt, daß man nicht im Stande ist, die Gränze der Farben genau zu fixiren, zumal da durch das lebhafte Licht der Sonne oder des Mondes, welches mit dem rothen Kreise in Berührung gebracht werden soll, die genaue Beobachtung so sehr erschwert wird. Deshalb glaube ich, daß durch eine einzelne Messung mit einem Spiegelsextanten, wo man den Mittelpunkt des Mondes und die Mitte des rothen Kreises über einander legt, die Dimensionen höchstens bis auf einen Viertelgrad genau erhalten werden. So fand ich bei einem Lichtkranze, welchen ich am 12ten Septbr. 1832 um die Sonne beobachtete und wo ich den zweiten rothen Kreis noch mit großer Schärfe erkannte, der Reihe nach folgende Halbmesser: $1^\circ\,34'$, $1^\circ\,50'$, $1^\circ\,48'$, $1^\circ\,45'$,

1° 51′ und 1° 40′, im Mittel 1° 45′. Hier beträgt der Unterschied zwischen den beiden äußersten Messungen 19′, und die größte Abweichung vom Mittel ist 11′.

Es ist sehr zu wünschen, daß Messungen dieser Art in der Folge häufig angestellt werden. Um die Berechnung von γ zu erleichtern, theile ich die folgende Tafel mit; es enthält dieselbe in der ersten Spalte von 10 zu 10 Minuten den Halbmesser des ersten rothen Ringes; in der zweiten und dritten Spalte finden sich die zugehörigen Halbmesser des zweiten und dritten rothen Kreises; in der vierten steht der Werth von γ, der zu diesen unmittelbar gefundenen Dimensionen gehört. Ich habe bei der Berechnung bereits den Halbmesser von Sonne und Mond subtrahirt, indem ich die mittlere Größe desselben zu 15′ angenommen habe.

r_1	r_2	r_3	Durchmesser der Dunstbläschen. Pariser Zolle.
0° 40′	1° 1′	1° 22′	0,0035341
50	19	48	0,0025243
1. 0	37	2. 15	0,0019633
10	56	41	0,0016100
20	2. 14	3. 7	0,0013591
30	32	34	0,0011779
40	51	4. 0	0,0010392
50	3. 9	27	0,0009300
2. 0	27	53	0,0008415
10	46	5. 20	0,0007683
20	4. 4	46	0,0007068
30	23	6. 15	0,0006544
40	41	42	0,0006093
50	59	7. 8	0,0005700
3. 0	5. 18	35	0,0005354
10	36	8. 1	0,0005049
20	54	28	0,0004776
30	6. 12	55	0,0004531
40	31	9. 21	0,0004310
50	49	48	0,0004109
4. 0	7. 7	10. 14	0,0003927
10	26	41	0,0003759
20	44	11. 8	0,0003606
30	8. 2	34	0,0003465
40	21	12. 1	0,0003334
50	8. 39	12. 28	0,0003213

Digitized by Google

Die folgende Tafel enthält die mir bekannten Messungen von Kränzen, denen ich den Werth von γ hinzugefügt habe.

Jahr	Monat	Halbmesser	Durchmesser der Dunstbläschen	Beobachter
1664	19 Februar	$r_1 = 1^\circ\ 30'$	0'',0011779	
		$r_2 = 2.\ 45$	0,0010830	Newton.
		Mittel	0,0011304	
1692	Junius	$r_a = 4.\ 40$	0,0006100	derf.
1792	3 October	$r_1 = 1.\ 0$	0,0019633	
		$r_2 = 1.\ 40$	0,0019074	Jordan.
		Mittel	0,0019353	
1797	25 October	$r_1 = 2.\ 48$	0,0005779	
		$r_2 = 4.\ 56$	0,0005762	derf.
		Mittel	0,0005770	
1799	17 August	$r_1 = 0.\ 55$	0,0022438	v. Humboldt [3])
1831	17 Decbr.	$r_1 = 2.\ 32$	0,0006454	Kämtz.
	derf.	$r_2 = 1.\ 51$	0,0009212	derf. [4])
1832	9 Januar	$r_1 = 1.\ 20$	0,0013951	derf.
	10 Januar	$r_1 = 1.\ 20$	0,0013951	derf.
	12 März	$r_1 = 1.\ 13$	0,0015347	derf.
	7 April	$r_1 = 1.\ 45$	0,0009846	derf.
	9 April	$r_1 = 2.\ 40$	0,0006093	
		$r_2 = 4.\ 31$	0,0006354	derf.
		Mittel	0,0006224	
	27 April	$r_1 = 2.\ 35$	0,0006318	derf.
	1 Mai	$r_1 = 2.\ 47$	0,0005818	derf.
	10 Mai	$r_1 = 3.\ 25$	0,0004654	derf.
	derf.	$r_1 = 3.\ 4$	0,0005232	derf.
	12 Mai	$r_1 = 2.\ 21$	0,0007016	derf.
	24 Mai	$r_1 = 4.\ 25$	0,0003536	derf. [5])

3) Humboldt Voyage II, 309. Dieser in Cumana beobachtete Hof zeigte einige Unregelmäßigkeiten. Sein verticaler Durchmesser war 1° 45', sein horizontaler 1° 50'.

4) In einer Wolke, welche nach einiger Zeit über derjenigen fortzog, in welcher sich der erste Hof zeigte.

5) In sehr lockeren Cumulisfasern.

Digitized by Google

Jahr	Monat	Halbmesser	Durchmesser der Dunstbläschen	Beobachter
1832	24 Mai	$r_1 = 2\ 38$	0″,0006183	Kämtz [6]).
	27 Mai	$r_1 = 3.\ 0$	0,0005354	derſ.
	28 Mai	$r_1 = 3.\ 37$	0,0004376	derſ.
	17 Junius	$r_1 = 2.\ 35$	0,0006319	derſ.
	23 Junius	$r_1 = 3.\ 20$	0,0004776	derſ.
	12 Septbr.	$r_1 = 2.\ 20$	0,0007068	derſ.
	derſ.	$r_1 = 2.\ 15$	0 0007376	
		$r_2 = 3.\ 37$	0,0008049	derſ.
		Mittel	0,0007718	
	derſ.	$r_1 = 3.\ 20$	0,0004776	derſ.
	4 Octbr.	$r_1 = 1.\ 55$	0,0008858	derſ.
	derſ.	$r_1 = 2.\ 48$	0,0005779	derſ.
8333	28 Januar	$r_1 = 2.\ 31$	0,0006499	derſ.
	29 Januar	$r_1 = 2.\ 1$	0,0008342	derſ.
	1 Februar	$r_1 = 1.\ 55$	0,0008858	
		$r_2 = 3.\ 15$	0,0009005	derſ.
		Mittel	0,0008932	
	derſ.	$r_1 = 2.\ 5$	0,0008049	derſ.
	3 Februar	$r_1 = 2.\ 9$	0,0007756	derſ. [7])
	derſ.	$r_1 = 2.\ 46$	0,0005857	derſ.
	derſ.	$r_1 = 1.\ 43$	0,0010064	
		$r_2 = 2.\ 46$	0,0010757	derſ.
		Mittel	0,0010411	
	derſ.	$r_1 = 1.\ 27$	0,0012323	derſ.
	derſ.	$r_1 = 1.\ 11$	0,0015849	derſ.
	1 März	$r_1 = 2.\ 14$	0,0007457	derſ. [8])
	derſ.	$r_1 = 1.\ 53$	0,0009055	derſ.
	derſ.	$r_1 = 2.\ 14$	0,0007457	
		$r_2 = 3.\ 40$	0,0007914	derſ.
		Mittel	0,0007676	

6) Kurze Zeit nach der vorigen Beobachtung in einem dichtern Cumulus.

7) Das Wetter war an diesem Tage sehr stürmisch und veränderlich, Regen und Wolken verschiedener Art wechselten in kurzer Zeit mit völlig heiterm Himmel. Die sämmtlichen Messungen wurden zwischen 7^h und 9^h Abends in verschiedenen Wolken gemacht.

8) Sehr veränderliches und stürmisches Wetter, die Höfe bildeten sich in verschiedenen Wolken.

Digitized by Google

Jahr	Monat	Halbmesser	Durchmesser der Dunstbläschen	Beobachter
1833	2 März	$r_1 = 3^\circ 50'$	0″,0004109	Kämtz.
	1 Julius	$r_1 = 1.40$	0,0010392	derf.
	derf.	$r_1 = 3.\ 8$	0,0005110	derf. [9])
	derf.	$r_1 = 3.26$	0,0004629	derf.
	5 Julius	$r_1 = 2.10$	0,0007683	derf.
	9 Julius	$r_1 = 2.\ 0$	0,0008415	
		$r_2 = 3.38$	0,0007991	derf.
		Mittel	0,0008203	
	14 Julius	$r_1 = 2.48$	0,0005779	derf.
	derf.	$r_1 = 2.30$	0,0006544	derf.
	derf.	$r_1 = 2.17$	0,0007252	derf.
	18 Julius	$r_1 = 2.52$	0,0005631	derf.
	23 Auguſt	$r_1 = 2.45$	0,0005897	derf.
	22 Septbr.	$r_1 = 1.20$	0,0013591	derf.
1834	9 Novbr.	$r_1 = 1.24$	0,0012866	derf.
	12 Novbr.	$r_1 = 2.33$	0,0006679	
		$r_2 = 4.33$	0,0006568	derf.
		Mittel	0,0006624	
	16 Novbr.	$r_1 = 1.36$	0,0010947	derf.
	17 Novbr.	$r_2 = 2.50$	0,0005700	derf.

Die in der obigen Tafel enthaltenen Größen zeigen eine große Verſchiedenheit. Wenn auch jede einzelne Beſtimmung ſich wegen der Unſicherheit bei Meſſungen dieſer Art etwas von der Wahrheit entfernen könnte, ſo bezweifle ich doch, daß das Mittel derſelben ſehr von dem wahren abweicht. Dieſes wird beſonders dadurch bewieſen, daß in denjenigen Fällen, wo die Dimenſionen der beiden rothen Kreiſe gemeſſen wurden, die Reſultate ſehr gut übereinſtimmten. In den 9 Fällen nämlich, wo dieſes möglich war, erhalten wir im Mittel

durch r_1 , $\gamma = 0{,}0009408$

durch r_2 , $\gamma = 0{,}0009377$

wo die Abweichung beider Beſtimmungen ſo unbedeutend iſt, daß wir ſie überſehen können, ein hinreichender Beweis dafür, daß

9) Die erſte Meſſung in einem Nebel, der ſich in meiner Nähe auf dem Rigi befand, die beiden folgenden in höher ſchwebenden Wolken.

Digitized by Google

wir im Stande sind, die Dimensionen der Dampfbläschen durch dieses Verfahren zu bestimmen.

Obgleich die Anzahl der Beobachtungen noch nicht hinreichend groß ist, um daraus vollkommen scharfe Folgerungen herzuleiten, so glaube ich doch bereits auf einige Resultate aufmerksam machen zu dürfen, deren weitere Verfolgung für die Theorie der Hydrometeore nicht ganz unwichtig seyn dürfte. Nehmen wir die einzige Messung in Cumana aus, so wurden alle Beobachtungen im mittlern Europa angestellt, theils in England, theils in Deutschland und der Schweiz. Nehmen wir daher an, daß die Verhältnisse in allen Breiten und Längen, wo sie bisher untersucht wurden, vollkommen gleich sind, was bei einer ersten Untersuchung des Gegenstandes wohl erlaubt seyn dürfte, und nehmen das Mittel von γ, so ergeben sich folgende Durchmesser der Dampfbläschen für die einzelnen Monate:

Januar	$\gamma = 0'',0010686$
Februar	$\gamma = 0,0010060$
März	$\gamma = 0,0008721$
April	$\gamma = 0,0007463$
Mai	$\gamma = 0,0005434$
Junius	$\gamma = 0,0005732$
Julius	$\gamma = 0,0006691$
August	$\gamma = 0,0005897$
September . .	$\gamma = 0,0008144$
October . . .	$\gamma = 0,0009940$
November . .	$\gamma = 0,0009034$
December . .	$\gamma = 0\ 0007833$
Winter	$\gamma = 0,0009526$
Frühling . . .	$\gamma = 0,0007206$
Sommer . . .	$\gamma = 0,0006107$
Herbst	$\gamma = 0,0009039$
Jahr	$\gamma = 0,0007969$

Künftige Beobachtungen in verschiedenen Gegenden und in größerer Anzahl müssen entscheiden, wie weit die gegebenen Zahlen der Natur entsprechen; bis jetzt glaube ich den Satz mit Bestimmtheit

Digitized by Google

aussprechen zu dürfen: der mittlere Durchmesser der Dunstbläschen ist im Winter am größten und vermindert sich ziemlich regelmäßig bis zu der Zeit, wo die relative Feuchtigkeit der Luft am kleinsten ist, worauf er wieder bis zum Winter wächst. Eine bedeutende Abweichung zeigt nur der December, aber die beiden einzigen Messungen, welche der Bestimmung zum Grunde liegen, wurden zu einer Zeit gemacht, wo ich zuerst anfing mich damit zu beschäftigen und beide an einem schönen Tage, wo sich ein Hof um den Mond in sehr dünnen Wolken zeigte. In den beiden folgenden Jahren sah ich während des Decembers entweder keine schönen und regelmäßigen Höfe, oder wofern dieses der Fall war, hatte ich kein Instrument, um die Dimensionen zu messen.

Der Durchmesser der Kränze hängt ferner von der Beschaffenheit der Witterung ab. Je anhaltender das schöne Wetter ist, desto größer ist derselbe, aber vor Regenwetter vergrößern sich die Dimensionen der Dunstbläschen sehr schnell, und bei veränderlichem Wetter ist der Dunst in verschiedenen Wolken ungleich, wie dieses namentlich die Messungen vom 5ten Februar und 18ten März 1833 beweisen. Wenn indessen zu solchen Zeiten ein gut ausgebildeter Hof erscheint, so bleiben die Dimensionen in derselben Wolke auch meistens constant. Nur ein einziges Mal habe ich von dem Faulhorne aus eine Veränderung der Dimensionen bemerkt. Am 22sten September 1833 zwischen 7 und 8^h Abends zog ein Nebel zwischen mir und dem Monde vorbei, welcher an seinen Rändern sehr verwaschen war und gegen die Mitte hin dichter wurde; die beiden rothen Kreise bildeten sich sehr scharf ab, und das Grün zwischen ihnen war sehr lebhaft. Der Kranz schien mir nicht vollkommen symmetrisch zu seyn, indem sein Durchmesser gegen die innere Seite des Nebels kleiner war, als gegen die äußere, und dieses bestätigte auch eine sogleich darauf angestellte Messung. So wie die dichtere Nebelmasse vorbeizog, erhielt ich der Reihe nach folgende Werthe für die verticalen Halbmesser:

$r_1 = 3^\circ\,47'$ also $\gamma = 0{,}0007651$
$r_2 = 1.\,50$ ..... $0{,}0009300$
$r_3 = 2.\,43$ ..... $0{,}0010976$
$r_4 = 1.\,21$ ..... $0{,}0015140$
$r_5 = 2.\;\;2$ ..... $0{,}0015264$

Diese Messungen wurden in Zeit von etwas mehr als einer Viertelstunde gemacht, und zeigen, daß der Durchmesser der Bläschen desto größer wurde, je dichter der Nebel war, durch welchen der Mond hindurch schien. Nach der letzten Beobachtung wurde der ganze Mond bald verfinstert.

Ich füge diesen Resultaten meiner Beobachtungen noch die folgenden Bemerkungen von Fraunhofer hinzu. Wenn die Dunstbläschen in der Atmosphäre sehr ungleiche Größe haben, so können nach den Gesetzen der Lichtbeugung keine Lichtkränze mit verschiedenen Farben gesehen werden, es wird in diesem Falle nur ein heller Schein entstehen. Je nachdem aber die Durchmesser der Bläschen ein Verhältniß unter sich haben, kann diese Erscheinung auf mancherlei Art modificirt werden. Es träfe sich z. B., daß der Durchmesser der einen Hälfte der Bläschen sich zum Durchmesser der andern Hälfte verhalte wie 2 : 1, so würde der zweite Farbenring der ersteren ungefähr eben dahin fallen, wohin der erste Farbenring der andern Hälfte fiele, und an dieser Stelle müßte demnach die Helligkeit am größten seyn, ohne daß die Farben deutlich erkannt werden könnten, weil die Breite der Ringe ungefähr in demselben Verhältnisse verschieden wäre. Man sieht auch sehr oft um den Mond unvollkommene Höfe kleiner Art, bei welchen eine Stelle ausgezeichneter ist als die übrigen, was demnach hierin seinen Grund hat. Auch die gegenseitige Einwirkung der ungleich gebeugten Strahlen kann, wenn die Ungleichheit sich irgend einem Verhältnisse nähert, diese Erscheinung auf unzählige Arten ändern [10]).

Ein Jeder, welcher diese Erscheinungen aufmerksam verfolgt, kann sich von den mannigfaltigen Abänderungen bei diesem Phänomene überzeugen. Ich erwähne unter denselben nur das Iridisiren mancher Wolken. Wenn weißaussehende Wolken, deren Ränder dem Horizonte parallel sind und welche die Gestalt der Cirrostrati haben, in der Nähe der Sonne stehen, so bemerkt man vermittelst des geschwärzten Spiegels selten scharfe Lichtkränze, wohl aber lebhafte prismatische Farben in Gestalt von Streifen, welche mit dem Rande der Wolke parallel sind und zuweilen einen Abstand von 10° und mehr von der Sonne

10) Schumacher's astron. Nachr. III, 65.

Digitized by Google

haben. Meistens sind diese Streifen im Innern grün und rings-um von einem rothen Rande umgeben. Es sind dieselben völlig unregelmäßig in der Wolke zerstreut, so daß sich keine Regel für ihren Abstand angeben läßt. Es ist wahrscheinlich, daß die Dampfbläschen an einzelnen Stellen der Wolke sehr ungleiche Dimensionen besitzen und daß dadurch die regelmäßige Gestalt gestört wird. Häufig sind diese Streifen Vorboten von Regen, und schon Sauſſure, welcher sie von einer Brechung des Lichtes in schon gebildeten Tropfen ableitete, sah sie dafür an [11]), und eben dieses scheint aus den Erfahrungen von F. Foggo in Edinburg hervorzugehen, da in den von ihm beschriebenen Fällen gleichzeitig Regenwolken am Himmel standen [12]). Uebrigens ist die Bemerkung des Letztern, daß die Erscheinung sich dann zeigt, wenn kurz nach dem Aufgange der Sonne diese auf einen dünnen und schmalen Cirrostratus scheint, nicht allgemein richtig, da ich sie auch öfter um die Zeit des Mittages gesehen habe.

Sind die Dunstbläschen in der Atmosphäre groß, so müssen die Lichtkränze sehr klein seyn, und sie können dann bei der Sonne oder dem Monde nicht gesehen werden, theils weil der Durchmesser der Sonne das Phänomen unvollkommener macht, als bei kleinen Bläschen, theils weil sie wegen der Nähe der Sonne nicht wahrgenommen werden können. In diesem Falle aber können die größeren Sterne von Höfen umgeben seyn [13]).

Aehnliche leuchtende Phänomene bemerkt man auch vermittelst des reflectirten Lichtes, wofern dieses nur dergestalt zurückgeworfen wird, daß die Körper, auf welche es fällt, die Entstehung eines auffallend hellen Raumes begünstigen. Dieses ist der Fall, wenn das Sonnenlicht auf sphärische oder cylindrische Körper fällt, und es gehört zu dieser Klasse von Phänomenen besonders der Schein, welchen man vorzüglich bei niedrigem Stande der Sonne um den Schatten des eigenen Kopfes bemerkt, wofern dieser auf Gras, Getreide oder eine bethaute Fläche fällt, welchen Fraunhofer und Brandes mit der sogleich zu betrach-

11) Sauſſure Hygrometrie §. 356. S. 409.

12) Edinb. Journ. of Sc. III, 369.

13) Fraunhofer a. a. O.

tenden Gegensonne in Verbindung setzen [14]). Dieser Schein zeigt sich in der Nähe des Kopfes am lebhaftesten, und von hier aus nimmt seine Helligkeit nach allen Seiten allmählig ab. Schon Winterfeld [15]) gab eine ganz richtige Erklärung des Phänomenes: es entsteht nämlich aus der Reflexion der Lichtstrahen von den Thautropfen, oder glatten Grashalmen; die Halme, welche in der Nähe des Kopfschattens liegen, zeigen uns fast ihre ganze erleuchtete Fläche, während wir von der entfernter stehenden beschattete und erleuchtete Stellen sehen, wodurch natürlich die Helligkeit vermindert wird; eben so schicken uns die Thautropfen, die in der Nähe des Kopfschattens liegen, Lichtstrahlen zu, welche sowohl von der hintern, als der vordern Fläche reflectirt werden, und dadurch erscheinen sie ebenfalls heller, als die entfernter liegenden. Da die Gras- und Getreidehalme eine cylindrische Gestalt haben, so folgt, daß der von ihnen gebildete Schein sich etwas nach oben verlängern müsse. Eine nothwendige Bedingung aber ist, daß das Licht von glänzenden Körpern reflectirt werde, und daher zeigen behaarte oder filzige Pflanzen das Phänomen nur unvollkommen [16]). Da übrigens der ganze Schein von der Stellung des Auges, der Sonne und der reflectirenden Flächen abhängt, so folgt daraus, daß Jeder den Schein nur um seinen eigenen Kopf sieht, keineswegs aber denselben bei einem neben ihm stehenden Menschen bemerkt. Hieraus ergiebt sich auch die von Garthe [17]) hervorgehobene Thatsache, daß der Schein um den Körper von Thieren, Pflanzen und todten Körpern nicht so lebhaft ist als bei Menschen, da hier das Auge nicht dieselbe relative Lage hat, als bei jedem Beobachter selbst, und die von ihm gegebene Ansicht, daß besondere Ausdünstungen aus dem Körper des Menschen die Lichtstrahlen mehr beugen als bei andern Körpern, scheint mir ganz verfehlt.

Auf eine völlig ähnliche Art als dieser helle Schein entsteht dasjenige Phänomen, welches wir oben mit dem Namen Gegen-

14) Vgl. C. Garthe Abhandlung über den Heiligenschein. 4. Rinteln 1830.

15) Gilbert's Ann. XVIII. 64.

16) Garthe a. a. O. S. 22.

17) das. S. 15 u. 25.

Digitized by Google

sonne bezeichnet haben. Die erste Beobachtung derselben rührt von Bouguer her, welcher sie öfter auf den Cordilleren wahrnahm [18]). Als er diese Erscheinung zum ersten Male beobachtete, befanden sich sämmtliche Reisegefährten vor Sonnenaufgang auf dem Berge Pambamarka. Eine Wolke, von welcher sie umgeben waren, zog fort und blieb etwa 30 Schritte von ihnen stehen, so daß sie die Sonne glänzend aufgehen sahen. Auf der Wolke sah jeder seinen eignen Schatten, ohne den Schatten eines der anderen Reisegefährten wahrzunehmen; jeder sah seinen Schatten so bestimmt, daß er die verschiedenen Theile desselben unterscheiden konnte. Um den Schatten des Kopfes sah jeder eine Art Glorie, welche aus 3 oder 4 lebhaft farbigen concentrischen Ringen bestand; die Farben waren wie beim Regenbogen und roth nach außen gekehrt. Die Abstände der Farbenringe von einander schienen gleich zu seyn; der letzte Ring war am schwächsten. Jeder sah nur die Farbenringe um den Kopf seines eigenen Schattens, ohne die seines Nachbars zu sehen. Der Durchmesser des ersten Farbenringes war, blos mit einer Regel gemessen, ungefähr $5\frac{2}{3}^{\circ}$, der des zweiten 11° und der des vierten 17°. Diese Farbenringe umgab noch ein großer weißer Kreis, der ungefähr 67° Durchmesser hatte. Sie bemerkten übrigens noch einen schwachen wenig ausgebreiteten Nebel, der nur in einigen Schritten Entfernung wahrzunehmen war. Bouguer sah nachher dieses Phänomen öfter und bemerkte, daß die Farbenringe nicht immer denselben Durchmesser hatten. Er sah auch öfter bei einem höhern Stande der Sonne nur ein Segment des weißen Kreises.

In der Folge ist das Phänomen nicht oft bemerkt worden; nur Saussure erwähnt [19]), daß es Reisende vom Salève aus gesehen hätten; eben so sah es Mac-Feit, als er einst auf einer Anhöhe stand und sein Schatten auf eine Wolke fiel [20]); aber selten hat es sich in einer solchen Schönheit und Vollständigkeit gezeigt, als es von Scoresby beschrieben wird [21]). Er

18) Mém. l'Acad. Roy. 1744. p. 264. Fraunhofer a. a. O. S. 49.

19) Saussure Voyages

20) Edinburgh Essays I, 198.

21) Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 285 folg.

sagt, diese Phänomene seyen stets wahrnehmbar, wenn Sonnenschein und Nebel zugleich vorhanden sind. Dieses geschieht in den Polargegenden oft, wo die Nebel nicht selten aus einer dünnen Schicht bestehen, die auf der Oberfläche des Meeres ruht und sich nur zu einer Höhe von 50 bis 60 Yards erstreckt. Unter solchen Umständen, wo in der Höhe die Sonne scheint, wird ein Beobachter auf dem Mars des Schiffes, 90 bis 100 Fuß über dem Meeresspiegel, einen oder mehrere farbige Kreise auf dem Nebel sich bilden sehen. Im letzteren Falle sind die Kreise alle concentrisch und der Mittelpunkt derselben liegt in der geraden Linie, die aus der Sonne durch das Auge des Beobachters nach der Nebelwand geht, der Sonne gerade entgegengesetzt. Die Anzahl der Kreise wechselt von einem bis zu vier oder fünf. Gemeiniglich sind sie dann am zahlreichsten und die Farben am glänzendsten, wenn die Sonne recht hell scheint und der Nebel recht dicht und niedrig ist. In allen Fällen erscheint der Schatten von dem Kopfe des Zuschauers in dem Mittelpunkte der Kreise. Am 23sten Julius 1821, wo das Phänomen sehr lebhaft war, bemerkte Scoresby um seinen Kopf vier concentrische Kreise. Nr. 1 war weiß oder gelb, roth, purpur; Nr. 2 blau, grün, gelb, roth, purpur; Nr. 3 grün, weißlich oder blaßgelb, roth, purpur; Nr. 4 grünlich, weiß und an den Rändern dunkler. Die Farben in Nr. 1 waren bisweilen sehr lebhaft und auch in Nr. 2; aber die in Nr. 3, die nur von Zeit zu Zeit erschienen, waren sehr schwach, und die in Nr. 4 waren blos helle Schattirungen von grau. Es ergaben sich folgende Dimensionen. Halbmesser von Nr. 4: innerer Rand 36° 50′, Mitte ungefähr 38° 50′, äußerer Rand 41 bis 42°; den Halbmesser von Nr. 3 schätzte er auf 6° 30′, der von Nr. 2 wurde zu 4° 45′ gemessen, und der von Nr. 1 durch Schätzung zu $1\frac{1}{2}$ bis 2° bestimmt. Einmal bemerkte Scoresby noch einen Kreis, dessen Dimensionen größer waren, als die von Nr. 4, welcher zu dieser Zeit lebhafte Regenbogenfarben hatte, während Nr. 5 graulich weiß war. Scoresby fügt hinzu: „In den erwähnten Fällen bemerkte ich bei dem Nebel eine Menge flimmernder Nadeln in der Luft, die ich für Schneekrystalle hielt; sie waren aber so klein, daß ich sie nicht anders als beim Hin- und Herbewegen wahrnehmen und auf keine Weise mit dem Mikroskope untersuchen konnte. Es war

Digitized by Google

mir zweifelhaft, ob diese Nadeln nicht einigen Antheil an der Erscheinung hätten: denn diese aus den gewöhnlichen Gesetzen der Brechung und Zurückwerfung von kugelförmigen Körpern abzuleiten, scheint sehr schwierig, wenn überhaupt möglich, zu seyn." Auch Bouguer bemerkte, daß die Erscheinung sich nur in solchen Wolken zeige, deren Theilchen gefroren sind, eine Ansicht, auf die ich sogleich zurückkommen werde.

Eben diese Erscheinung, welche von Gersdorf im Riesengebirge gesehen wurde [22]) und welche auf dem Brocken das Brockengespenst heißt [23]), zeigt sich auch häufig in den Alpen, wo namentlich Keller auf sie aufmerksam machte [24]) und dieses schöne Schauspiel hat schon manchen Besucher des Rigi dafür entschädigen müssen, daß ihm die Aussicht auf ferne Gegenden durch den Nebel verdeckt wurde. Während meines Aufenthaltes auf dem Rigi und dem Faulhorne in den Jahren 1832 und 1833 habe ich diese Gegensonne sehr häufig und jedesmal ohne Ausnahme gesehen, wenn mein Schatten auf eine Wolke fiel. Die Bedingung, welche Bouguer und Scoresby angeben, daß Eistheilchen in der Luft schweben müssen, halte ich für außerwesentlich, da ich das Phänomen mehrmals bei Temperaturen von 10° beobachtet habe, wo wir doch unmöglich an tiefer schwebende Eismassen denken können. Die Erscheinung war völlig so, wie sie Scoresby beschreibt, jedoch habe ich den großen weißen Kreis selten gesehen, vielleicht deshalb, weil häufig die Nebelmasse zu klein war, als daß sich derselbe noch in der passenden Dimension hätte zeigen können; nur zwei Mal war es mir möglich, den Halbmesser dieses Kreises zu messen. Am 22sten August 1833 fand ich 37° 27′; am 9ten September erhielt ich bei einem Kreise, der nach innen schwach blau, nach außen röthlich war, vermittelst einer Schmalkaldschen Boussole für die Mitte des Ringes im Mittel dreier Messungen 42° 10′, während ein Spiegelsextant 40° gab, doch ziehe ich die erstere dieser beiden Bestimmungen vor. Ueberhaupt hält es bei diesem Phänomene weit schwerer, die Dimensionen vermittelst des Sextanten zu bestim-

22) Lampadius Atmosphärologie S. 553. 87.

23) Gilbert's Ann. XVIII.

24) H. Keller Beschreibung des Rigiberges. 8. Zürich 1823. S. 8.

men, als bei den Höfen, wie dieses auch schon von Scoresby erwähnt ist. Daher ist es mir nur einige Male möglich gewesen, die Dimensionen der farbigen Kreise zu bestimmen, die erhaltenen Größen werde ich sogleich mittheilen.

Fraunhofer leitet dieses Phänomen auf dieselbe Art her, als die Lichtkränze [25]). Ein auf ein Dampfbläschen vertical auffallender Strahl, der in dasselbe eindringt und demnach durch den Mittelpunkt des Bläschens geht, wird an der zweiten Fläche im Innern desselben zum Theil reflectirt und geht in derselben Richtung wieder zurück. Hat der leuchtende Körper, wie z. B. die Sonne, 30′ Durchmesser, so begreift man leicht, daß auch die zurückgehenden Strahlen diesen Winkel unter sich einschließen müssen. Für Strahlen, welche sich einem verticalen Auffallswinkel nähern, geschieht auch noch eine theilweise Zurückwerfung, doch werden diese um so viel mehr zerstreut, je größer der Auffallswinkel ist. Daher sieht ein Jeder den hellen Schein nur um seinen eigenen Kopf. Die Dampfbläschen müssen nun das an ihrem Rande vorbeifahrende Licht beugen. Es sey also in r (Taf. II. Fig. 1.) das Auge des Beobachters; diesem zunächst, also nahe am Kopfe des Beobachters, in d ein Dunstbläschen, auf welches in der Richtung nd Sonnenstrahlen fallen. Diejenigen, welche den Rand desselben treffen, werden so gebeugt, daß die Strahlen, welche den ersten Farbenring bilden, nach ds und dc fahren; die, welche den horizontalen Farbenring bilden, fahren nach m; die des dritten nach n u. s. w. Ist im Raume ab eine Wolke, welche dicht ist und aus Dampfbläschen besteht, so werden letztere das nahe vertical auffallende Licht, durch Reflexion im Innern eben so zurücksenden, und das nahe bei d stehende Auge r wird die von d gebeugten Strahlen eben so zurück erhalten, wie sie auffielen, und muß demnach auf der Wolke Farbenringe sehen, und zwar den ersten Ring unter dem Winkel crs, den zweiten unter mrm, den dritten unter nrn u. s. w. Für alle übrigen zunächst um den Kopf des Beobachters liegenden Dampfbläschen gilt dasselbe. Der scheinbare Durchmesser der Sonne gleicht den Durch-

25) Schumacher astron. Nachr. III, 62.

Digitized by Google

messer des Kopfes aus. So geben die oben mitgetheilten Dimensionen von Bouguer

$r_1 = 2^\circ\ 50',\ \gamma = 0{,}0005700$
$r_2 = 5.\ 30,\ \gamma = 0{,}0005151$
$r_3 = 8.\ 30,\ \gamma = 0{,}0004758$
Mittel $\gamma = 0{,}0006293$

In dem von Scoresby mitgetheilten Beispiele ist

$r = 1^\circ\ 45',\ \gamma = 0{,}0009846$
$r'_2 = 4.\ 45'\ \gamma = 0{,}0006006$
$r_3 = 6.\ 30'\ \gamma = 0{,}0006293$

Da hier r_1 und r_3 nur durch Schätzung bestimmt wurden, so verdient der durch r_2 gefundene Werth den Vorzug.

Ich habe bereits erwähnt, daß es sehr schwierig sey, vermittelst eines Spiegelsextanten die Dimensionen mit Schärfe zu bestimmen, und so häufig ich daher auch diese Gegensonne gesehen habe, so ist es mir doch nur einige Male möglich gewesen, die Durchmesser der Kreise zu messen. Mehrmals zog der Nebel bei meinem Standpunkte vorbei, und indem sich nun zugleich ein Lichtkranz um die Sonne bildete, konnte ich die Dimensionen beider messen. Die folgende Tafel enthält die von mir gefundenen Größen:

1832. 23 Junius:	Lichtkranz	$r_1 = 3^\circ\ 20'$,	$\gamma = 0{,}0004776$
	Gegensonne	$r_2 = 3.\ 25$,	$\gamma = 0{,}0004653$
12 Septbr.:	Lichtkranz	$r_1 = 2.\ 15$,	$\gamma = 0{,}0007376$
		$r_2 = 3.\ 37$,	$\gamma = 0{,}0008049$
	Gegensonne	$r_1 = 1.\ 42$,	$\gamma = 0{,}0010174$
id.	Lichtkranz	$r_1 = 3.\ 20$,	$\gamma = 0{,}0004776$
	Gegensonne	$r_1 = 3.\ 3$,	$\gamma = 0{,}0005262$
4 October:	Lichtkranz	$r_1 = 1.\ 55$,	$\gamma = 0{,}0008858$
	Gegensonne	$r_1 = 1.\ 55$,	$\gamma = 0{,}0008858$
1833. 1 Julius:	Lichtkranz	$r_1 = 1.40$,	$\gamma = 0{,}0010392$
	Gegensonne	$r_1 = 1.43$,	$\gamma = 0{,}0010064$
9 Julius:	Lichtkranz	$r_1 = 2.\ 0$,	$\gamma = 0{,}0008415$
		$r_2 = 3.38$,	$\gamma = 0{,}0007991$
	Gegensonne	$r_1 = 2.\ 6$,	$\gamma = 0{,}0008122$
22 August:	Lichtkranz	$r_1 = 2.45$,	$\gamma = 0{,}0005897$
	Gegensonne	$r_2 = 4.46$,	$\gamma = 0{,}0005984$

Digitized by Google

Nehmen wir das Mittel der Bestimmungen von γ, so finden wir vermittelst

des Kranzes $\gamma = 0{,}0007231$
der Gegensonne $\gamma = 0{,}0007588$

Der Unterschied beider beträgt etwa 6′, um welche der Durchmesser der Kränze zu klein oder der der Gegensonnen zu groß gefunden wurde; es hat derselbe aber seinen Grund hauptsächlich in der Schwierigkeit, die Dimensionen der Gegensonnen mit Genauigkeit zu messen. Der große Bogen von etwa 40° Halbmesser ist ein eigentlicher Regenbogen und deshalb übergehe ich ihn hier ganz.

Ich wende mich jetzt zu den Höfen im engern Sinne, welche sehr häufig mit Nebensonnen verbunden sind. Das Phänomen selbst ist so complicirt und so mannigfaltig, daß schon seine Beschreibung schwierig wird. Es geht aus den zahlreichen Beschreigen der Erscheinung hervor, daß nur wenige Beobachter dieselbe vollständig gesehen haben; ja wenn sie längere Zeit fortdauert, so ändert sie ihr Ansehen öfter. Ich will die Beschreibung so geben, wie sich das Phänomen besonders am 29sten Junius 1790 in Petersburg zeigte und so wie es von Lowitz beschrieben wurde [26]). Lange Zeit stand dieses völlig isolirt, jedoch wurden in neueren Zeiten ähnliche gesehen, so namentlich von Hoff und Kries am 12ten Mai 1824 in Gotha [27]) und von Schult, Hansteen und Segelke am 27sten März 1826 in Norwegen [28]). Ich will daher das von Lowitz gesehene Phänomen als das normale ansehen, wie dieses auch Brandes in seiner den folgenden Betrachtungen zum Grunde liegenden Theorie der Höfe gethan hat [29]).

Bei einer mit Dünsten gleich einem Nebel erfüllten Atmosphäre zeigte sich die in Petersburg beobachtete Erscheinung 5 Stunden lang von $7\frac{1}{2}^h$ bis $12\frac{1}{2}^h$, jedoch nicht immer gleich vollständig.

26) Nova Acta Petrop. VIII, 384.

27) Kastner's Archiv für gesammte Naturlehre.

28) Magazin for Naturvidenskaberne 1826. Heft I. S. 154.

29) Gehler's Wörterb. N. A. V, 445.

Digitized by Google

dig. Die wesentlichen Theile derselben waren folgende (Taf. II. Fig. 2.):

1) Ein Ring von etwa 22° Halbmesser, welcher die Sonne a zum Mittelpunkte hat. Er ist im Innern roth gefärbt, nach außen zeigt er ein in Weiß übergehendes Blau. Gewöhnlich ist dieses ein einziger Kreis; Lowitz sah statt dessen zwei sich oben und unten durchschneidende bcde, und die norwegischen Beobachter sahen deren sogar drei. Nach Aepinus kommen diese seitwärts liegenden Bögen, die er für elliptisch hält, öfter vor.

2) Ein Kreis zzz, welcher die Sonne zum Mittelpunkt hat und ebenfalls farbig ist. In der Regel zeigt dieser Kreis reinere Farben als der erste, wobei ebenfalls das Roth nach innen gerichtet ist. Sein Durchmesser ist etwa das Doppelte von dem Durchmesser des vorigen.

3) Ein weißer farbenloser Horizontalkreis abzfgho, welcher durch die Sonne geht und den ganzen Himmel umgiebt.

4) Auf diesem standen bei dem Petersburger Phänomene fünf Nebensonnen. Zwei derselben, x und y, etwas außerhalb des kleinen Kreises; gewöhnlich erschienen sie in dem Durchschnitte von diesem mit dem Horizontalkreise; sie waren gefärbt und kehrten der Sonne ihre rothe Seite zu, sie hatten lange glänzende Schweife, die sich nach xξ und yη auf dem Horizontalkreise fort erstreckten; die farbigen Bogen, xi und yk, welche Lowitz von ihnen ausgehen sah, scheinen sonst nicht gesehen zu seyn.

5) Die dritte Nebensonne h, welche häufig Gegensonne genannt wird, stand auf dem Horizontalkreise der Sonne gerade gegenüber; sie war bleß und weiß.

6) Die vierte und fünfte Nebensonne, f und g, waren ebenfalls weiß und haben sich auch bei allen vorhandenen Beobachtungen so gezeigt; sie sind zwar schon ein seltener Theil der Erscheinung, aber doch öfter gesehen worden; sie scheinen allemal da zu stehen, wo ein Kreis von etwa 90° Halbmesser, dessen Mittelpunkt die Sonne ist, jenen Horizontalkreis durchschneidet.

Digitized by Google

7) Oben am innern Ringe bei d war ein so lebhafter Glanz, daß das Auge ihn kaum zu ertragen vermochte. Hier, genau vertical oberhalb der Sonne, ist auch der gewöhnliche einfache Ring sehr oft viel glänzender und man sieht hier zuweilen einen gegen die Sonne convexen Bogen, der alsdann dem Bogen entspricht, welchen

8) Lowitz in ref am untersten Punkte jenes Ringes sah und den er als sehr hell und breit, aber von kleinerem Halbmesser als irgend ein anderer beschreibt.

9) Am obern Punkte z des größern Ringes erschien der Bogen pzq, der gegen die Sonne convex war. Dieser Bogen wird meistens mit eben den schönen Farben gesehen als zzz, wenn auch dieser letzterer Ring selbst fehlt, stets aber steht er dann vertical über der Sonne und zwar in derselben Entfernung, die der Ring zzz zu haben pflegt.

10) Lowitz sah ferner zwei Kreisbogen hld und hmd, die durch die Gegensonne h gingen und die er als durch d, den obern Punkt des innern Ringes gehend, zeichnet. Sie waren weiß und so blaß, daß manche Personen sie nicht erkennen konnten. Lowitz sagt, sie begegneten sich einander in der blendenden Helle bei d; da aber Schult sie als durch die Sonne gehend zeichnet, so hält Brandes es für wahrscheinlich, daß sie sich auch hier würden in der Sonne begegnet haben, wofern das Auge sie hätte verfolgen können. So selten diese Kreise sind, so kommen doch Spuren von ihnen auch bei andern Beobachtern vor, und man findet die Angabe, daß sie sich unter Winkeln von 60° durchkreuzen.

11) Endlich sah Lowitz noch zwei den äußern Ring berührende Kreise tt, vv, deren Berührungspunkte etwa 60° von dem untern Punkte entfernt waren. Sie glichen an Breite und Farbenglanz dem Regenbogen. Auch sie kommen selten vor.

Die sämmtlichen Kreise lassen sich nach Brandes in drei Hauptklassen theilen. Es giebt nämlich 1) Kreise, die durch die Sonne gehen; 2) Kreise, deren Mittelpunkt die Sonne ist; 3) Bögen, welche die Höfe von außen berühren. Wir wollen diese Phäno-

Digitized by Google

mene einzeln betrachten, zuvor aber will ich der atmosphärischen Umstände gedenken, unter denen sich die Erscheinung zu zeigen pflegt.

Höfe um die Sonne oder den Mond erscheinen weit häufiger als gewöhnlich geglaubt wird; nicht immer aber sind sie dem bloßen Auge sichtbar, da sich nur kleine Stücke von geringer Lichtstärke am Himmel zeigen, vermittelst eines geschwärzten Spiegels lassen sie sich dann wahrnehmen. Wenn ich oft einige Wochen aufmerksam war, so konnte ich Tage lang Spuren der Erscheinungen wahrnehmen, so daß ich glaube, daß in unsern Klimaten wenigstens 60 Höfe im Laufe des Jahres sichtbar sind. Eben dieses stimmt mit den Erfahrungen von Mayer überein [80]), welcher vom April 1826 bis zum April 1827 in Frankfurt 47 Höfe um die Sonne und 12 Höfe um den Mond sah. In einem Zehntel der Fälle, wo ich Höfe wahrnahm, sah ich auch die beiden Nebensonnen x und y, oder wofern sie nicht deutlich zu erkennen waren, zeigte der Hof an dieser Stelle eine etwas größere Helligkeit.

Die Höfe um den Mond zeigen sich häufig dann, wenn alle Sterne mit mehr oder weniger Glanz erscheinen; bei Tage hat der Himmel ein etwas mattes Ansehen und der Horizont ist weiß. Es ist also die Färbung des Himmels ähnlich derjenigen, welche wir häufig bei Lichtkränzen wahrnehmen. Ein wichtiger Unterschied zwischen der Bewölkung in beiden Fällen aber ist folgender: Lichtkränze gehören dem *Cumulus*, Höfe bilden sich im *Cirrus*. Manche Schriftsteller, wie Forster, Mayer und Andere, erwähnen die größeren Höfe wohl als Phänomene des Stratus oder Cirrostratus, aber meine seit mehreren Jahren im Sommer und Winter, in den Ebenen von Deutschland und auf den Alpen angestellten Beobachtungen sprechen mit Bestimmtheit für den Cirrus oder höchstens Cirrostratus, den ich nur für einen verwaschenen und dichtern Cirrus halten möchte. Nie aber habe ich einen Lichtkranz und Hof gleichzeitig in derselben Wolke gesehen.

Erscheint ein Hof um den Mond, und ist der Kreis von etwa 22° Halbmesser sehr scharf ausgebildet, so sieht man in der

80) Kastner's Archiv XIII, 237.

Regel keine Spur eines Lichtkranzes. Die Gegend des Himmels in der Nähe des Mondes ist weit heller als bei völlig heiterer Luft; ohne Spur von Färbung zu zeigen nimmt die Lichtstärke von dieser Stelle aus sehr regelmäßig ab. Eben dieses zeigt sich auch bei der Sonne. Zuweilen geschieht es allerdings, daß sich zu solchen Zeiten ein Lichtkranz zeigt, aber verfolgt man dann die Bewölkung genauer und achtet auf ihre Aenderungen theils in der Nähe des leuchtenden Körpers, theils in größerm Abstande von demselben, so gelangt man bald zu der Ueberzeugung, daß eine dünne Nebelschicht in der Tiefe fortzieht und daß in dieser der Lichtkranz sich bildet.

Während jeder Cumulus Spuren eines Lichtkranzes zeigt, lassen sich in jedem Cirrus Spuren eines Hofes erkennen. Ziehen Cirri in der Nähe der Sonne oder des Mondes vorbei, so sieht man schon häufig mit bloßem Auge in ihnen eine ausgezeichnet helle Stelle, deren Abstand etwa 22° vom leuchtenden Körper beträgt, noch häufiger aber erkennt man diese vermittelst des geschwärzten Spiegels. Allerdings geschieht es öfter, daß man keine Spur eines Hofes in ihnen wahrnimmt, aber man wiederhole die Beobachtung einige Zeit später und in verschiedenen Stellungen der Wolke gegen die Sonne, so wird man ohne Ausnahme den Hof erkennen. Nur dann, wenn etwa isolirte Fasern des Cumulus ein Ansehen haben, welches dem der Cirri gleicht, findet man keine Spuren eines Hofes, dann aber sieht man den Lichtkranz, und so giebt uns das optische Verhalten der Wolken die nöthigen Charaktere, um ähnlich scheinende Bildungen zu unterscheiden.

Nothwendig müssen wir also annehmen, daß Höfe und Lichtkränze auf völlig verschiedene Art entstehen. Während bei letzteren das Roth einen größern Abstand vom leuchtenden Körper hat, als das Blau, findet bei den Höfen das Gegentheil Statt, und wir müssen daraus folgern, daß die Höfe durch Brechung der Lichtstrahlen gebildet werden, was auch mit den Erfahrungen von Arago übereinstimmt, denen zufolge das Licht der die Sonne umgebenden Kreise so polarisirt war, als ob es gebrochen wäre[31]).

31) Férussac Bulletin universel, Mai 1825. Gehler's Wörterb. N. A. V, 476. Poggendorff's Annalen IV, 116. „Bei

Wenn demnach die Lichtkränze durch Beugung der Strahlen an Nebelbläschen hervorgebracht werden, so bleibt uns für die Höfe nur die Annahme übrig, daß sie durch Modificationen der Lichtstrahlen in Schneekrystallen entstehen, eine Ansicht, welche eine desto größere Wahrscheinlichkeit erhält, je weiter wir sie verfolgen.

Ich habe bereits oben erwähnt, daß Mariotte zuerst von einer Brechung des Lichtes in Schneekrystallen ausging, aber erst Venturi suchte diese Ansicht weiter durchzuführen. Er stützt sich dabei auf die Thatsache, daß sich das Phänomen im Winter und in kalten Gegenden am häufigsten zeige. Solche Eistheilchen aber sind im Winter selbst bei heiterm Wetter vorhanden, und Venturi führt aus Martens Reise an [32]), daß zuweilen Reif in Form kleiner Schneenadeln ins Meer fiel, und daß man diese Schneenadeln am besten dann gewahr wurde, wenn die Sonnenstrahlen neben einem schattigen Orte vorbeigingen, indem diese Eispartikeln dann, wie Brillanten glänzend, sich deutlich wahrnehmen ließen. Brandes fügt hinzu [33]), daß man auch in unsern Gegenden bei großer Kälte die Erscheinung wahrnehme, indem helle Punkte sich bei lebhaftem Sonnenscheine in der Atmosphäre zeigen. Doch ist es nicht sowohl reflectirtes Licht, wie Brandes glaubt, als vielmehr gebrochenes, wodurch wir diese hellen Punkte wahrnehmen, wie daraus hervorgeht, daß wir die prismatischen Farben darin erkennen. Schweben solche

---

allen Phänomenen, welche durch Beugung und gegenseitige Einwirkung gebeugter Strahlen auf einander hervorgebracht werden, sind die rothen Strahlen, die von dem leuchtenden Punkte am stärksten abgelenkten, daher diese Strahlen nach außen liegen müssen und die blauen nach innen. So weit wir die Gesetze der Beugung und die der gegenseitigen Einwirkung gebeugter Strahlen auf einander kennen, läßt sich keine Möglichkeit vorhersehen, daß durch diese Modification des Lichtes, wie auch die Umstände seyn mögen, eine umgekehrte Ordnung der Farben hervorgebracht werden könne. Auch das, was wir bis jetzt von den Gesetzen der Polarisation des Lichtes wissen, zeigt uns keinen Weg zur Erklärung der Höfe großer Art." Fraunhofer in Schumacher's astron. Abh. III, 67.

32) Voyage au Nord Vol. II.

33) Gehler's Wörterb. N. A. V, 462.

Digitized by Google

Theilchen in Menge in der Atmosphäre, so erkennt man bei größerer Aufmerksamkeit, daß die glänzenden Punkte fast gleichen Abstand von der Sonne haben und auf der Peripherie eines Kreises liegen, dessen Mittelpunkt die Sonne bildet. Auf der Spitze des Faulhornes sah ich mehrmals Stücke dieses Kreises, es hielt aber sehr schwer, den Abstand eines solchen glänzenden Punktes von der Sonne genau zu messen; mehrere Bestimmungen, die ich versuchte, indem ich nach irdischen Objecten visirte, welche hinter diesen Lichtpunkten lagen, gaben Größen, die zwischen 20° und 26° schwankten [34]). Eben so spricht dafür eine von Scoresby gemachte Erfahrung [35]). Am 9ten Mai 1822, dem kältesten Tage, welchen er in höheren Breiten erlebt hatte, zeigten sich zwei Nebensonnen. Bisweilen geschah es nun, daß kleine Wolken, aus denen ein Staubregen von kleinen Eisnadeln vermischt herabfiel, vor der Sonne vorübergingen; fiel dann der Bogen auf die Oberfläche der Wolken oder in den Schneeschauer, so war er hell und sogar glänzend; aber gegen den hellen Himmel, nach dem Zenith hin, war er kaum zu erkennen. Wir haben also hier eben so eine Verstärkung in der Helligkeit des Hofes, durch die Schneekrystalle, als wir in der vorhin mitgetheilten Thatsache überhaupt die Möglichkeit der Entstehung erkennen.

---

34) Aehnliche Erscheinungen lassen sich auch in unsern Gegenden im Winter bemerken; achtet man genauer darauf, so sieht man, daß die einzelnen Krystalle in drehender Bewegung sind, und daß die leuchtenden Punkte bald hier bald dort erscheinen. Aus dieser Thatsache ergiebt sich von selbst, daß der Hof in jedem folgenden Momente in andern Krystallen gebildet wird; zugleich aber folgt daraus auch die Möglichkeit, daß das Phänomen oft so lange Zeit bei veränderter Stellung der Sonne fortdauern könne. — Am 13ten Januar 1835 hatte ich bei einer Temperatur von — 8° R. und heiterm Wetter Gelegenheit die obige Messung in Halle zu wiederholen. Kleine Schneekrystalle flimmerten zwischen mir und einem gegenüber liegenden Hause mit großer Lebhaftigkeit, sie bildeten ganz deutlich Stücke eines Ringes, welcher vertical unter der Sonne am hellsten war; obgleich der helle Raum nicht scharf begränzt war, suchte ich seinen Abstand von der Sonne so gut als möglich zu bestimmen; zwei Messungen gaben für die Mitte des hellen Raumes 22° 16′ und 22° 40′, also nahe so wie es die Theorie fordert.

35) Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 65.

Digitized by Google

Zur Bestätigung der Hypothese, daß Schneekrystalle zur Entstehung der Höfe Veranlassung gaben, dient auch der Umstand, daß sie im Winter und in Polargegenden so häufig erscheinen, obgleich ich hierauf ein geringeres Gewicht legen möchte, da wenigstens bis jetzt das Phänomen nirgends hinreichend beachtet ist, also jede Vergleichung desselben in klimatischer Hinsicht auf unvollständige Zahlenangaben gestützt ist. Wie häufig dasselbe in nördlichen Gegenden sey, geht daraus hervor, daß Aepinus im Jahre 1758 in Zeit von 5 Monaten 26 Erscheinungen von Höfen aufgezeichnet und außerdem noch einige andere beobachtet hatte, die ihm weniger merkwürdig schienen [36]); eben dieses sagt Braun von Sibirien [37]), auch Wales beobachtete dieselben sehr häufig an der Hudsonsbai [38]). Aehnliche Bemerkungen über die Häufigkeit des Phänomenes finden sich fast in allen Reisen nach den Polargegenden.

Dabei bleibt es freilich auffallend, daß wir in unsern Breiten Höfe auch im Sommer sehen; doch scheinen sie dann auch seltener zu seyn, als im Winter, wie dieses schon von mehreren Beobachtern erwähnt ist [39]). Sie erscheinen im Sommer gewöhnlich dann, wenn das Barometer langsam zu sinken anfängt, die Südwinde die Luft mit Dämpfen sättigen und der aufsteigende Luftstrom die letzteren nach so hohen Regionen führt, daß sie nach der Condensation sogleich krystallisiren; zu andern Zeiten mögen herabsinkende kalte Luftströme die Dämpfe in tieferen Schichten niederschlagen. Durch dieses Spiel der auf- und absteigenden Winde scheint selbst zwischen den Wendekreisen die Entstehung der Höfe möglich zu werden. Eine Thatsache dieser Art beobachtete Humboldt [40]). Als er sich nämlich in der Nähe der Insel Tortuga im Antillenmeere befand, bildete sich ein Hof um die Sonne und dabei sank die Temperatur um $3\frac{1}{2}^{\circ}$, wahrscheinlich in Folge eines herabsinkenden kalten Windes.

---

36) Novi Comment. Petrop. VIII, 392.

37) Das. VI, 438. X, 375.

38) Phil. Trans. 1770. p. 129.

39) David in Schweigger's Jahrb. XV, 365.

40) Humbold's Voyage XI, 125.

Digitized by Google

Da es die Cirri ſind, in denen ſich die Höfe zeigen, ſo ergiebt ſich daraus, wie es möglich iſt, daß die Höfe als Vorboten der Witterung angeſehen werden können. Schon die Alten ſagten, daß Sturm und Regen darauf folgen [41]), und in der Folge iſt dieſes nicht blos faſt einſtimmig von den Meteorologen Europa's wiederholt worden, ſondern Scoresby machte dieſelbe Erfahrung in den grönländiſchen Gewäſſern [42]), ſo wie J. R. Forſter auf den Meeren der ſüdlichen Halbkugel [43]). Allen Gewittern, bei denen ich den ſucceſſiven Uebergang vom heitern Himmel bis zur dichten Bewölkung verfolgen konnte, ging ein Hof voraus [44]); die dazu erforderliche Beſchaffenheit erſtreckt ſich oft über große Theile der Erde und deshalb ſieht man gleichzeitig Nebenſonnen oder Höfe an ſehr entlegenen Orten [45]); da aber in dieſem Falle das Gleichgewicht der Atmoſphäre meiſtens eine geringe Stabilität hat [46]), ſo kann es leicht an einzelnen Stellen geſtört werden, und hieraus ergiebt ſich, weshalb das Erſcheinen der Höfe häufig mit heftigen Gewittern und Hagelſchlägen an mehr oder weniger entfernten Orten gleichzeitig iſt [47]).

Wir wollen jetzt aus dieſer Hypotheſe die wichtigſten Umſtände des Phänomenes ableiten und mit den Kreiſen beginnen, in deren Mittelpunkt die Sonne ſteht. Soll überhaupt eine Stelle durch ihre Helligkeit ausgezeichnet ſeyn, alſo ein Hof ſichtbar werden, ſo iſt erforderlich, daß, wie auch das Licht modificirt worden ſeyn möge, die Strahlen von einerlei Art entweder parallel geworden ſeyn müſſen, oder daß die ausfahrenden Strahlen in einem beſtimmten ſcheinbaren Abſtande vom leuchtenden Körper die größte Dichtigkeit haben. Da nun ferner

41) Aristot. Meteor. IV, 3. Arati Diosemeia p. 79.

42) Scoresby Reiſe auf den Wallfiſchfang S. 66.

43) Forſter Bemerkungen auf einer Reiſe um die Welt S. 101.

44) Wenigſtens nach allen Beobachtungen, die ich ſeit dem Jahre 1831 gemacht habe, wo ich auf die Erſcheinung aufmerkſam wurde.

45) Mehrere Beiſpiele davon habe ich in Schweigger's Jahrb. N. R. XV, 198. gegeben.

46) S. Bd. II. S. 519, 534 u. ſ. w.

47) Herr Dr. Mayer in Frankfurt am Mayn machte mich bei einer Unterredung darauf zuerſt aufmerkſam; bei Durchſicht meines meteorologiſchen Tagebuches finde ich eine Beſtätigung davon.

Digitized by Google

die rothe Farbe nach innen liegt, wir also eine Brechung des Lichtes annehmen müssen, so können wir nur zwei Arten von Körpern annehmen, in denen diese Brechung erfolgt, Dunstbläschen oder Eiskrystalle. Fraunhofer untersuchte die Erscheinungen bei beiden Körpern, war aber nicht im Stande, bei Dunstbläschen einen ausgezeichnet hellen Punkt zu finden [48]). Ohne diesen Gegenstand weiter zu verfolgen, wollen wir uns sogleich zur Brechung des Lichtes in Schneekrystallen wenden, bei denen der Brechungswinkel 60° beträgt. Es sey ein kleines Eisprisma dergestalt gelegt, daß die Kanten senkrecht auf der Ebene stehen, welche durch die Sonne, das Auge und den Einfallspunkt des Lichtes geht [49]). Es sey ABC (Taf. I. Fig. 9.) der Durchschnitt eines solchen Prisma, Sa der ankommende Lichtstrahl und der Einfallswinkel Sap $= \phi$; dieser Strahl wird im Prisma nach ab und bei seinem Austritt in die Luft nach bO gebrochen. Ist nun n das Brechungsverhältniß, so ist

$$\cos Cab = \frac{1}{n} \sin \phi = \frac{1}{n} \cos SaA$$

$$\angle Cba = 180° - bCa - Cab = 120° - Cab$$

$$\cos ObB = n \cdot \cos Cba$$

und der Winkel, welchen der einfallende und austretende Strahl einschließen, ist

$$\angle bOS = Cab + Cba - SaA - ObB = 120° - SaA - ObB$$

Dieser Winkel wird nach bekannten Gesetzen der Brechung in einem Prisma ein kleinster [50]), wenn Cab ein gleichschenkeliges, also in unserm Falle auch ein gleichseitiges Dreieck wird. In diesem Falle wird Cba $=$ Cab $= 60°$ und SaA $=$ ObB, mithin cos ObB $= n \cdot \cos 60°$ und bOS $= 120° - 2$ObB. Dieses Minimum zeichnet sich bekanntlich dadurch aus, daß selbst dann, wenn der Winkel Sap mehrere Grade größer oder kleiner wird, der gebrochene Strahl mit dem einfallenden sehr nahe denselben

48) Schumacher astron. Abh. III, 67 folg.

49) Ich folge der Darstellung von Brandes in Gehler's Wörterb. V, 462. Etwas abweichend ist dieser Gegenstand behandelt von Fraunhofer a. a. O. S. 73 und Schmidt anal. Optik S. 612.

50) Biot Traité de physique III, 235. Schmidt anal. Opt. §. 358. S. 348.

Winkel einschließt, so daß an dieser Stelle eine ausgezeichnete Helligkeit wahrnehmbar wird.

Den Werth von n setzt Fraunhofer nach einer Schätzung gleich 1,32 [51]), dagegen wird er für mittlere Strahlen nach den Beobachtungen von Brewster gleich 1,307 [52]), wofür er späterhin 1,309 gefunden zu haben scheint [53]); davon ist die Bestimmung von Wollaston [54]), $n = 1{,}310$, wenig verschieden. Ueber die Größe der Zerstreuung beim Eise sind mir keine Messungen bekannt; nehmen wir an, es sey eben so wie beim Wasser der Unterschied in dem Brechungsverhältniß der rothen und violetten Strahlen 0,015, so erhalten wir für die rothen Strahlen $n = 1{,}303$, und für die violetten $n = 1{,}316$. In dem Falle, wo der Winkel zwischen dem einfallenden und dem gebrochenen Strahle am kleinsten wird, erhalten wir für rothe Strahlen

$$\angle SaA = 49^\circ\ 21'$$
$$bOS = 21.\ 18$$

Wenn der Winkel SaA selbst mehrere Grade von dem eben erhaltenen Minimum abweicht, fallen noch stets die meisten Strahlen auf die angeführte Stelle. Nehmen wir an, es drehe sich das Prisma nach und nach um seine Axe, so daß der Winkel zwischen 40° und 60° schwankt, so erhalten wir folgende zusammengehörige Größen:

SaA = 40°,	bOS = 22° 0′	SaA = 50°,	bOS = 21° 18′
41	21.51	51	21.20
42	21.44	52	21.22
43	21.37	53	21.26
44	21.32	54	21.30
45	21.28	55	21.35
46	21.24	56	21.42
47	21.21	57	21.51
48	21.19	58	21.59
49	21.18	59	22.10

51) Schumacher astr. Abh. III. S. 74.

52) Brewster Treatise on new philos. Instr. S. 288.

53) Derf. Optics, 8. London 1831. S. 370.

54) Phil. Trans. 1802.

Digitized by Google

Wenn also das Prisma bei der Drehung um seine Axe seine Lage auch dergestalt ändert, daß der Winkel SaA selbst 10° größer oder kleiner wird, als derjenige, welcher zum Minimum gehört, so ändert der Winkel zwischen dem einfallenden und gebrochenen Strahlen sich doch nur höchstens um $\frac{1}{4}$°. Der Unterschied wird noch geringer, wenn wir erwägen, daß das Licht nicht von einem Punkte sondern von einer Kreisfläche kommt, deren scheinbarer Durchmesser etwa 30′ beträgt. Wir können daher die Mitte des Ringes dann nach derjenigen Gegend verlegen, wohin die eben betrachteten Strahlen im Mittel fallen, und dadurch wird der Halbmesser 21° 35′, und wenn dazu der Halbmesser des leuchtenden Körpers addirt wird, 21° 50′. Drehen wir ein gleichseitiges dreiseitiges Prisma um seine Axe und lassen dabei den Winkel SaA von Grad zu Grad wachsen, so sind nur 120 Stellungen möglich, welche das Prisma haben kann, und von diesen werfen 20, d. h. nahe $\frac{1}{6}$ aller möglichen Strahlen das Bild fast auf dieselbe Stelle.

Ist nun schon die angegebene Lage, wo die Axe des Prismas auf der durch Auge, Sonne und Einfallspunkt gehenden Ebene senkrecht steht, der Bildung einer ausgezeichnet hellen Stelle sehr günstig, so macht auch eine Aenderung in der Stellung der Axe keinen bedeutenden Unterschied. Wenn die Kante A eine andere Lage hat, so ändert sich damit die Größe des Brechungswinkels ACB und das Bild fällt nach einer etwas andern Stelle. Gesetzt, die Axe des Prismas bilde mit der gedachten Ebene einen Winkel von 80°, so wird ACB $=$ 60° sin 80° $=$ 59° 6′; aber durch diese geringe Aenderung des Winkels wird die Lage des leuchtenden Bildes wenig verrückt.

Da wir bei gleichförmiger Beschaffenheit des Himmels rings um die Sonne solche Prismen in der passenden Lage annehmen können, so wird begreiflich, daß wir um sie einen hellen Kreis sehen werden. Es versteht sich übrigens wohl von selbst, daß die bestimmte Stellung, welche wir den Prismen geben, bloße Fiction sey, die wir nur deshalb gewählt haben, um die Lage des hellen Punktes zu bestimmen; wir müssen im Gegentheil annehmen, daß diese Schneeflöckchen in beständiger Drehung sind und daß wir in jedem Momente Bilder erhalten, welche von andern

Digitized by Google

Prismen gebildet werden, auf eine ähnliche Art als der ruhig stehende Regenbogen stets von andern Tropfen erzeugt wird.

Wir haben bisher nur die rothen Strahlen betrachtet; für die violetten Strahlen haben wir $n = 1{,}316$ gegeben. Im Falle des Minimums erhalten wir für dieselben

$$SaA = 48^\circ\,51'$$
$$bOS = 22.\,18$$

Im Falle des Minimums beträgt also der Abstand zwischen dem rothen und dem violetten Bilde 1°; aber da wo dieses violette Bild liegt, vermischen sich alle prismatischen Farben derjenigen Strahlen, welche nicht so einfallen, daß der Winkel bOS am kleinsten werde, und daher geschieht es, daß der Hof nach außen allmählig verwaschen ist, und daß man hier die Farbe auf der blauen Seite des Spectrums seltener sieht, wenn auch der innere rothe Rand sehr scharf ist. Aus demselben Grunde aber erhält auch die Mitte des rothen Ringes einen etwas größern Abstand von der Sonne, als wir oben gefunden haben, weil die orangen und gelben Strahlen der der Sonne zunächst liegenden Bilder sich mit den rothen der entfernteren mischen und dadurch die röthliche Färbung bis zu größerer Distanz führen. Es fällt dieses verwaschene Licht um so mehr auf, da der innere Rand meistens sehr scharf abgeschnitten ist und der Raum zwischen der Sonne und dem Ringe sich durch eine gewisse unbestimmte Dunkelheit auszeichnet, die nur ganz in der Nähe des leuchtenden Körpers verschwindet, indem die nächsten Theile der Atmosphäre dann meistens ungewöhnlich hell erleuchtet sind. Der Grund dieser Dunkelheit liegt darin, daß von allen Prismen, welche zwischen dem Auge und der Sonne liegen, das Licht nach dem Hofe gebrochen wird und nicht nach dem innern Raume geht [55]).

Mit dieser theoretisch gefundenen Größe des Halbmessers stimmen die Messungen sehr nahe überein; es scheint jedoch, als ob viele Physiker die Dimensionen entweder beiläufig bestimmt, oder als ob sie die gewöhnlich etwas unbestimmte Mitte des Kreises aufgesucht haben. Ich will hier nur einige Messungen anführen. Whiston und Musschenbroek [56]) geben für den

55) Brandes in Gehler's Wörterb. N. A. V, 474.
56) Phil. Trans. XXXI, 212.

Halbmesser $23\frac{1}{2}°$, 23° 12′, 23° und $23\frac{1}{2}°$. Hevelius giebt für den Durchmesser des Hofes 45° [57]), und eben dieses fand Scheiner [58]), Cassini [59]), Colb [60]), Weber [61]) u. A. J. R. Forster [62]) giebt 44° für den Durchmesser, eine Zahl, die dem wahren Verhältnisse näher liegt. Usher [63]) erhielt mit einem Spiegelsextanten für den Halbmesser 22° 24′, Cassini [64]) zu einer andern Zeit 22° 15′, Humboldt 21° $1\frac{1}{2}$′ als der Mond $11\frac{1}{2}°$ hoch war, und 22° 5′ als er $37\frac{1}{2}°$ hoch war. Brandes [65]) fand in zwei Beobachtungen, wo Sterne in der Nähe eines Mondhofes standen, im Mittel 21° 10′ oder 21° 15′, und wenn dazu der Halbmesser des Mondes addirt wird, 21° 30′. Am 19ten April 1826 sah ich den Jupiter in der Nähe des innern Randes eines Mondhofes; wird die Distanz beider berechnet, so wird der Halbmesser des Hofes 21° 35′. In der Folge habe ich mehrere Messungen mit einem Spiegelsextanten angestellt, doch hält es hier schwer, wegen der Lichtschwächung bei der Reflexion ein scharfes Resultat zu erhalten. Um zu zeigen, wie groß die Differenzen hier seyn können, gebe ich die folgenden Messungen, die ich am 21sten Julius 1834 an einem Sonnenhofe anstellte, der sich durch einen sehr scharfen innern Rand auszeichnete [66]): 22° 20′, 22° 34′, 22° 16′, 22° 28′, 22° 13′, 22° 15′, 22° 15′, 22° 5′, 21° 52′, 22° 12′, 22° 10′, 22° 10′, 21° 58′, 22° 10′, 22° 0′; das Mittel dieser Messungen ist 22° 11′,9 mit dem wahrscheinlichen Fehler von 7′, und wenn davon der Collimationsfehler des Sextanten (13′) subtrahirt

57) Hugenii Opera reliqua II, 38. 69.

58) Das. p. 12 u. 16.

59) Mém. de l'Acad. de Paris X, 454.

60) Gilbert's Ann. 1804. Bd. III. S. 103.

61) Das. 1815. Bd. III. S. 217.

62) J. R. Forster's Bemerkungen auf einer Reise um die Welt S. 101.

63) Trans. of the Irish Acad. 1789. p. 143.

64) Mém. de Paris X, 583.

65) Gehler's Wörterb. N. A. V, 475.

66) Die Messungen wurden zwischen 10^h und 11^h angestellt; am Nachmittage folgte ein ungewöhnlich heftiges Gewitter mit Hagel, s. Bd. II, 534.

Digitized by Google

wird, so erhalten wir für den Halbmesser 21° 59′. Wähle ich aus meinem Tagebuche diejenigen Bestimmungen aus, wo der Rand sehr scharf begränzt war und wo ich mehrere Beobachtungen machen konnte, so ergiebt sich folgende Tafel:

1830 :	Junius	12 :	Halbm. 21° 47′
		13 :	21. 45 vertical unter der Sonne
			22. 50 vertical über der Sonne
		14 : . . .	21. 53
	Julius	2 : . . .	21. 52
	Octbr.	12 : . . .	22. 10
1833 :	Novbr.	4 : . . .	21. 40
1834 :	Januar	5 : . . .	21. 35
	Julius	21 : . . .	21. 59

Im Mittel erhalten wir also 21° 55′. Nehmen wir aus den obigen Bestimmungen die bessern, so ergiebt sich

Forster	22° 0′
Usher	22. 24
Cassini	22. 15
Humboldt	21. 33
Brandes	21. 30
Kämtz	21. 55
Mittel	**21. 59,5.**

Diese Bestimmung weicht wenig von derjenigen ab, welche wir oben aus der Brechung in Eisprismen hergeleitet haben; die Uebereinstimmung würde noch größer werden, wenn wir die Größe der Zerstreuung beim Eise etwas kleiner setzen, als beim Wasser. Im Allgemeinen sind diese Höfe kreisförmig, und wenn einige, wie Newton [67]), Th. Forster [68]) u. A., sie von elliptischer Gestalt gesehen haben, so liegt hier vielleicht eine Täuschung zum Grunde, die mit der scheinbaren Gestalt des Himmels zusammenhängt [69]). Unter vielen Höfen, deren Dimensionen ich bestimmt habe, finde ich nur ein einziges Beispiel, wo ich keine kreisförmige

67) Newton Optice, Lib. II. Pars IV, Observ. 13. p. 248.

68) Forster Wolken.

69) Smith Optik S. 58.

Gestalt erhielt. Am 13ten Julius 1830 wurden die Cirri von einem ziemlich lebhaften NWWinde bewegt und es zeigten sich länger als eine Stunde sehr deutliche Stücke eines Hofes in der Richtung des Meridianes, während die östlich und westlich von der Sonne liegenden Bögen nur mit Mühe zu erkennen waren. Mehrere Messungen, welche ich in Intervallen von etwa 10 Minuten wiederholte, gaben den unter der Sonne liegenden Halbmesser stets kleiner als den über ihr liegenden: für jenen erhielt ich 21° 45′, für diesen 22° 50′. Es ist wahrscheinlich, daß der Wind die Prismen so drehte, daß die Strahlen nur in geringer Menge nach der Stelle des Minimums gebrochen wurden. Und ähnliche Stellungen sind vielleicht auch die Ursache, daß Humboldt bei größerer Mondhöhe einen andern Halbmesser fand, als bei kleinerer Höhe.

In dem doppelten Abstande des eben betrachteten Kreises befindet sich ein zweiter, ebenfalls gefärbter Ring, welcher aber seltener erscheint, als der eben betrachtete [70]). Brandes hat verschiedene Combinationen in der Lage der Prismen betrachtet, welche zur Entstehung dieses Kreises erforderlich sind. Macht der eintretende oder austretende Strahl mit den Seiten des Prismas einen sehr kleinen Winkel, so erhält man eine helle Stelle in einem Abstande von etwa 45° von der Sonne, indessen hält er es für weniger wahrscheinlich, daß diese Lage zur Entstehung des Phänomenes beitrage, weil das Bild bei einer geringen Verrükkung des Prismas nach einer andern Stelle fällt, so daß keine ausgezeichnete Helligkeit wahrzunehmen ist. Nehmen wir dagegen Schneesterne an, so ist es möglich, daß das aus dem ersten Strahle hervortretende Licht noch in einem zweiten Strahle gebrochen wird und nun ein helles Licht in dem entsprechenden Abstande giebt. Schon Venturi hatte diese Betrachtung angestellt, sah sich aber genöthigt, die Winkel in den Ecken der Sterne auf 55° bis 56° herabzusetzen, was nach den bekannten Krystallisationsgesetzen wenig wahrscheinlich ist. Brandes dagegen hält

70) Ich habe diesen Ring in einer Zeit von etwa 5 Jahren nur zweimal gesehen. Beobachtungen desselben befinden sich in den Mém. de Paris 1721. p. 231. 1735. p. 87. u. 585. Phil. Trans. 1737. p. 59. Novi Comment. Petrop. VIII, 592. Gilbert's Ann. XVIII, 105. Zach Corresp. X, 534. Magazin for Naturvidensk. 1826. I, 154. nach Brandes in Gehler's Wörterb. V, 48.

es für möglich, daß regelmäßige zwölfseitige Sterne die Entstehung der hellen Stelle begünstigen. Jedoch befindet sich unter den von Scoresby beobachteten Gestalten des Schnees keine einzige, welche so beschaffen wäre, daß die Spitzen der Sterne Winkel von 60° einschlössen und daß die Seiten der gleichseitigen Dreiecke, welche neben einander liegen, auf einander senkrecht ständen, wie Brandes dieses fordert. Die beiden einzigen zwölfstrahligen Sterne, welche er zeichnet, endigen mit Spitzen, deren Brechungswinkel 30° ist, und die Erscheinungen, welche das Licht beim Durchgange durch diese zeigt, fallen genau mit denen in sechsstrahligen Sternen zusammen. Es ist indessen bei dieser Berechnung in zwei Prismen nicht nöthig, daß beide mit einander verbunden seyen, sondern, wie Brandes schon bemerkt hat, können die aus dem ersten hervorgekommenen Strahlen in einem zweiten so gebrochen werden, daß dieser zweite Ring entsteht. Bleiben wir bei den oben gegebenen Verhältnissen stehen, so erhalten wir für das Minimum SaA = 49°21′ = ObB. Nachdem dieser Strahl durch die Luft gegangen ist, trifft er ein zweites Prisma, welches so liegt, daß hier aufs Neue das Minimum Statt findet, dann macht der zum zweiten Male gebrochene Strahl mit bO den Winkel von 21° 18′, oder, wenn wir den Vereinigungspunkt so wie oben annehmen, 21° 50′, und demnach beträgt der Winkel, welchen der zweimal gebrochene Strahl mit dem primitiven bildet, 43° 40′. Diese Größe weicht ebenfalls wenig von der Erfahrung ab.

Etwas abweichend ist die Art, wie Fraunhofer [71]) und Eduard Schmidt [72]) diesen Ring herleiten. Werden nämlich die Eisprismen sechsseitig angenommen, wo dann die Brechung auf dieselbe Art erfolgt, als wir oben angenommen haben und endigen dieselben mit einer sechsseitigen Pyramide, so werden die Flächen der Pyramide dem Lichte auch noch einen andern brechenden Winkel darbieten. Schließen die zwei an der Spitze gegenüber liegenden Flächen der Pyramide einen Neigungswinkel von 88° ein, so erhält man nach Fraunhofer im Falle des Minimums den Winkel bOS gleich 45°. Nehmen wir dagegen für rothe Strahlen das oben gegebene Brechungsverhältniß 1,303 und setzen wir

71) Schumacher astronom. Abh. III, 74.
72) Schmidt analyt. Optik.

wir ACB = 88°, so wird im Falle des Minimums der Winkel Cab gleich $\frac{1}{2}$ (180° = 88°) = 46° und hieraus der Winkel bOS gleich 41° 41′. Geben wir dagegen den Flächen der Pyramide eine Neigung von 90°, was mit den anderweitigen Erfahrungen über die Krystallisation des Eises mehr übereinstimmt, so erhalten wir

für rothe Strahlen, bOS = 44° 15′ 12″
für violette Strahlen, bOS = 47° 2′ 48″

Der Abstand der beiden äußersten Farben des Spectrums beträgt also nahe 3°, die Farben werden also deutlicher hervortreten als beim ersten Kreise, was auch die meisten Beobachter erwähnen. Bis jetzt fehlt es indessen noch an hinreichend scharfen Messungen, um zu bestimmen, welche von diesen Angaben am naturgemäßesten sey. Der große Ring erscheint aber viel seltener als der früher betrachtete kleine. Da nämlich die Flächen der Pyramide viel kleiner sind, als die des Prismas, so muß schon aus diesem Grunde die Intensität des zweiten Hofes geringer seyn, als die des ersten; eine zweite Ursache, weswegen der zweite Hof schwächer seyn muß, als der erste, ist, daß bei einerlei Flächen die Intensität des gebrochenen Lichtes um so geringer seyn wird, je größer der Brechungswinkel wird. Zu diesen von Fraunhofer gegebenen Gründen möchte ich noch den hinzufügen, daß unter übrigens gleichen Umständen bei einer Verrückung des Prismas nicht so viel Strahlen nach der Stelle des Minimums gelangen. Im letztern Falle ist der Winkel SaA für rothe Strahlen 22° 8′; lasse ich die Pyramide ihre Lage so ändern, daß der Einfallswinkel 10° größer oder kleiner wird, so wird der Winkel bOS nahe 47°, also fast 3° größer als im Falle des Minimums, während dieser Unterschied beim ersten Hofe nur $\frac{3}{4}$° betrug. Alle diese Umstände zeigen also hinreichend, daß dieser zweite Ring nur dann deutlich erscheint, wenn der erste in großer Regelmäßigkeit ausgebildet ist.

Wir wenden uns zu der Betrachtung des letzten Bildes, welches in drei- oder sechsseitigen Prismen entstehen kann und welches gleichzeitig durch Brechung und Reflexion der Strahlen hervorgebracht wird. Es sei Sa (Taf. I. Fig. 10.) der auffallende Strahl, dieser werde nach ab gebrochen; bei der Drehung des Prismas findet eine Lage Statt, wo der Strahl bO (Fig. 9.) nicht mehr in die Luft tritt, sondern reflectirt wird; der Gränzwerth,

wo dieſes geſchieht, liegt da, wo cos ObB = 1 wird; in dieſem Falle wird (Taf. I. Fig. 10.) der Winkel abC = 39° 52′ für rothe Strahlen und mithin baC = 80° 8′; der Winkel SaA wird darnach = 77° 6′; der Strahl wird bei b nach bD reflectirt und hier beim Austritte in die Luft nach DO gebrochen, wo der Winkel ADO = 77° 6′ wird; dadurch erhalten wir für den Neigungswinkel der beiden Strahlen Sa und OD, alſo für den Winkel BOS die Größe von 94° 12′. Der violette Kreis liegt einige Grade näher an der Sonne, und da ſich hier die rothen und violetten Strahlen miſchen, welche bei der Drehung der Prismen in dieſe Gegend fallen, ſo wird der Halbmeſſer des Hofes auf etwa 90° vermindert; ſtets aber werden die Farben ſehr matt ſeyn und der ganze Ring nur eine geringe Lichtſtärke beſitzen, was auch bei der einzigen Beobachtung von Hevel der Fall war [73]).

Wir wenden uns zu denjenigen Kreiſen, welche durch die Sonne gehen. Der einfachſte Fall, welcher hier Statt finden kann, iſt derjenige, wo bei niedrigem Stande der Sonne ein Stück eines vertical ſtehenden Kreiſes über der Sonne in Geſtalt einer Säule ſteht. Ein Phänomen dieſer Art zeigte ſich am 8ten Junius 1824 in verſchiedenen Gegenden Deutſchlands [74]). Lohrmann, welcher es ſorgfältig beobachtete, ſah in Dohna (3 Stunden ſüdöſtlich von Dresden) auf einer beträchtlichen Anhöhe um 8^h Abends, als eben die Sonne hinter den Bergen verſchwunden war, ſenkrecht auf dem noch ſichtbaren hellen Lichtkreiſe einen hellen kometenartigen Streifen, der wenigſtens 30° hoch und 1° breit war; ſo wie es dunkler wurde, nahm ſein Glanz immer mehr zu, die Erſcheinung rundete ſich dabei nach oben parabelförmig ab, wobei der Streifen ſich ſehr ſchnell verkürzte. Vor dem Streifen ſchwebten bis zu ſeinem Untergange leichte Nebelwölkchen [75]), welche ſich zuweilen etwas veränderten. Dieſelbe Erſcheinung wiederholte ſich am folgenden Morgen beim Aufgange der Sonne. Töpfer, welcher dieſelbe Erſcheinung bemerkte, ſagt, die Sonne habe beim

73) Mercurius in Sole visus App. p. 171. u. Hugenii Opera posth. l. l.

74) Schweigger's Jahrb. N. R. XII, 360. XIV, 73. u. XV, 195.

75) Wahrſcheinlich waren dieſes Cirri, in denen ich öfter Spuren ſolcher Streifen wahrgenommen habe, obgleich ſie nicht ſo ausgebildet waren, als im vorliegenden Falle.

Digitized by Google

Untergange einen glühend rothen Schein gehabt, auch er habe bei genauerer Aufmerksamkeit ein ganz leichtes Gewölk wahrgenommen, welches dem Auge kaum sichtbar war und einem leichten Nebelflor ähnlich davor schwebte. Dieselbe Erscheinung zeigte sich nach David auch in Prag und an mehreren Orten Böhmens, nach Tilesius in Leipzig, nach Wach in der Gegend von Lützen, in Halle, nach Sillem auf dem Brocken u. s. w.

Aehnliche Erscheinungen sind schon öfter beobachtet worden, und überhaupt dürften sie nicht so selten seyn, als mehrere der oben erwähnten Beobachter glauben. So sah de la Hire eine solche Säule am 11ten Mai 1702 schon einige Zeit vor dem Aufgange der Sonne; dabei war der Himmel mit dünnen Wölkchen bezogen, welche am Horizonte angehäuft waren, und de la Hire, welcher noch zwei ähnliche Beobachtungen von Cassini hinzufügt, glaubt, daß sich diese Streifen eben so wie die Nebensonnen nie bei vollkommen heiterm Himmel zeigen, sondern daß stets dünne, lang gedehnte Wolken vorhanden sind. Er vergleicht die Erscheinung mit Lichtschweifen, welche wir an Kerzenflammen bemerken, die wir durch ein etwas fettiges Glas betrachten, auf welchem wir mit der Hand nach einer gewissen Richtung gerieben haben [76]), und wir werden sogleich nachher sehen, daß Fraunhofer diese Säulen auf eine völlig ähnliche Art ableitet.

Seltener ist dieses Phänomen so gesehen, daß sich auch der Streifen unter der Sonne oder dem Monde zeigte, so daß diese Himmelskörper, durch welche der sogleich näher zu betrachtende Horizontalkreis ging, in der Mitte eines Kreuzes standen. Doch sah dieses Hevelius am 17. Decbr. 1660 [77]), eben so auf der Pariser Sternwarte am 17. Mai 1677, wobei der Himmel so überzogen war, daß man die Flecken des Mondes nicht unterscheiden konnte [78]), Colb am 24sten Januar 1684 in Leipzig [79]) und Andere. Das vollständigste Phänomen dieser Art sah indessen Christ. Roth am 2ten Januar 1586 in Cassel [80])

76) Mém de l'Acad. des Sc. 1702. p. 178. bei Schweigger Jahrb N. R. XV, 193.

77) Hugenii Opera posth. II, 48. u. 70.

78) Mém. de l'Acad. des Sc. X, 411.

79) Schumacher astronom. Abh. III, 43.

80) Hugenii Opuscula posthuma II, 48.

Digitized by Google

Ehe die Sonne aufging, zeigte sich über der Stelle ihres Durchganges eine verticale Lichtsäule von der Breite des Sonnendurchmessers; sie schien eine glänzende Flamme zu seyn, nur hatte sie allenthalben einerlei Lichtstärke; darauf zeigte sich in ihr ein glänzendes Sonnenbild, so hell, daß man die wahre Sonne zu sehen glaubte. Kaum war noch ein Zoll von diesem Bilde unter dem Horizonte, so zeigte sich in eben jener Säule die wahre Sonne, worauf unter dieser ein neues Bild der Sonne folgte. Diese Säule blieb mit ihren drei an einander hängenden Sonnen stets vertical; die drei Sonnen waren von derselben Gestalt, nur daß die mittlere die beiden andern an Glanz übertraf. Sie dauerten etwa eine Stunde, worauf eine dunkle Wolke das Phänomen verdeckte. Dasselbe Phänomen beobachteten Cassini am 31sten Januar 1693 [81]) und Malézieu [82]). Weniger vollständige Beobachtungen von Wilse in Norwegen, von David, von Derham, Gilbert, Messier, Kästner und Andern befinden sich in den unten erwähnten Schriften [83]).

Schweigger glaubt, daß die Ursache des Phänomenes vielleicht elektrische Lichtstrahlen seyen, welche in bedeutender Höhe schwebten und weit gesehen werden könnten, und daß man vielleicht aus den Beobachtungen zu Prag und auf dem Brocken die Höhe derselben berechnen könne; aber schon die Bemerkung, daß jeder Beobachter dasselbe über der Sonne sah, ja die Fortbewegung der Säule gleichzeitig mit der Sonne nach Norden, von welcher sich namentlich David überzeugte, machen es wahrscheinlich, daß es nur eine Modification des Sonnenlichtes in Schichten von Nebel oder Eistheilchen sey. Schon Huygens hatte dieses vermuthet, und Brandes hat sich bemüht, diese Ansichten weiter durchzuführen [84]). Schweben nämlich Eisprismen so in der Luft, daß ihre Kanten horizontal und senkrecht gegen die Verticalebene stehen, in welcher sich die Sonne befindet, so werden diese bei passender

81) Mém. de l'Acad. des Sc. X, 159.

82) Das. 1722. p. 13.

83) Gilbert's Ann. III, 361. Schweigger's Jahrb. N. R. XII, 370. XV, 195. u. 365. Phil. Trans. 1707. XXV, 2411. Act. erudit. 1690. p. 65. u. 1714. p. 427. Mém. de Paris 1771, 434. Musschenbroek Introd. §. 2475.

84) Gehler's Wörterb. N. A. V, 466.

Neigung ihrer Seitenflächen ein reflectirtes Sonnenbild zeigen. Wenn also auch ein Luftzug diese Nadeln herumtreibt, so werden gewiß viele darunter seyn, welche die richtige Lage haben, und so erscheint der Verticalkreis, in welchem sich die Sonne und diese Prismen befinden, vorherrschend hell erleuchtet. Da jedoch auch in andern Gegenden des Himmels Prismen vorhanden sind, welche uns ein reflectirtes Sonnenbild zuschicken, so würde sich der angeführte Verticalkreis nicht durch überwiegende Helligkeit auszeichnen, und Brandes hält es daher für nöthig anzunehmen, daß zu der Zeit, wo der verticale Lichtstreif erscheint, wenigstens in einer Gegend der Atmosphäre eine vorzüglich große Anzahl solcher gerade mit den Kanten gegen den Sonnenstrahl senkrechten Prismen vorhanden sey.

Wenn auch nicht zu läugnen ist, daß das Phänomen auf diese Art erzeugt werden könne, so scheint es mir doch wenig wahrscheinlich, daß dieser Zustand immer der Natur entspreche, da die Prismen fast in unaufhörlicher Drehung sind, und wenn gleich die Gesetze der Reflexion von Eisflächen hier die Entstehung einer großen Helligkeit begünstigen, indem der Einfalls- und Reflexionswinkel fast rechte Winkel sind, so scheint es mir doch wahrscheinlicher, daß die Lichtbeugung die wirksamste Ursache sey, wie namentlich aus den von Rothmann und Andern beobachteten Nebensonnen hervorgeht.

Ich habe schon vorher erwähnt, daß bereits de la Hire dieses Phänomen mit den Streifen verglich, welche wir an einer Lichtflamme bemerken, die wir durch ein Glas betrachten, dessen Oberfläche fettig und nach einer bestimmten Richtung gerieben ist. Diese Ansicht wurde von Fraunhofer weiter entwickelt[85]). Mit dem Mikroskope betrachtet scheinen sich die Fetttheilchen am Glase einer parallelen Lage zu nähern, und man findet sehr schmale Linien, wo die Fläche des Glases ohne Fett ist. Diese Linien sind in Hinsicht ihrer Entfernung von einander in hohem Grade ungleich und entstehen beim Beschmutzen des Glases durch die kleinen Unebenheiten des Leders oder der Hand, mit welcher das Fett über das Glas gerieben wurde. Es müssen sich hier also dieselben Erscheinungen wiederholen, welche wir beobachten, wenn wir einen leuch-

85) Schumacher astron. Abh. III, 82.

Digitized by Google

tenden Punkt durch ein Gitter betrachten. Hätten wir z. B. ein Gitter oder eine radirte Glasplatte, in denen die Abstände aller Strichen gleich wären, so würden wir mehrere leuchtende Bilder sehen, welche in einer auf der Richtung der Striche senkrechten Ebene stehen und diese würden uns zugleich die bei der Beugung entstandenen prismatischen Farben zeigen; ist dagegen der Abstand der Striche sehr verschieden, so werden sich die einzelnen Bilder mit einander mischen, und wir sehen alsdann blos einen hellen Streifen, wie es bei der mit Fett beschmutzten Glasplatte geschieht.

Befinden sich in der Atmosphäre kleine Schneeflöckchen, vielleicht in parallelen Schichten, wie wir dieses öfters an den Cirris in der Nähe des Horizontes bemerken, so wird an ihnen eine ähnliche Beugung Statt finden, und es zeigt sich also eine Lichtsäule über und unter der Sonne [86]). Nur sehr selten werden Nebensonnen in dieser Säule sichtbar werden, weil dazu eine Regelmäßigkeit in dem Abstande der kleinen beugenden Körper erfordert wird, welche gewiß selten vorhanden ist. Da bei diesem fast heitern Ansehen des Himmels nur wenige solcher Körper vorhanden sind, so wird es zugleich begreiflich, daß das Phänomen sich vorzugsweise nur dann zeige, wenn die Sonne einen niedrigen Stand hat, weil in diesem Falle der Lichtstrahl noch hinreichend viel solcher Theilchen in der Atmosphäre antrifft, um die erwähnte Modification zu erleiden.

Durch die Sonne hindurch geht ein weißer Kreis, häufig um den ganzen Himmel und mit dem Horizonte parallel, dessen Breite etwa dem Durchmesser der Sonne gleich ist. Nur in wenigen Fällen wich seine Stellung von der so eben erwähnten horizontalen ab. So sah Flaugergues [87]) in Viviers am 9ten Mai 1796 um 11^h, als die Sonne etwa 60° hoch stand, einen durch die Sonne gehenden Kreis nur etwa von dem Halbmesser des innern Ringes des Hofes, woraus folgen würde, daß sein Mittelpunkt etwa 4 bis 5° vom Zenith entfernt war. Noch größer ist die Abweichung in einer Beobachtung, welche von Hall gemacht wur-

86) Fraunhofer a. d. a. Stelle u. Schmidt anal. Opt. §. 627. nehmen Dunstbläschen an, welche das Licht beugen; in diesem Falle aber würden sich kleine Lichtkränze und nicht diese Säulen zeigen.

87) Mém. de l'Inst. I, 107. bei Brandes in Gehler's Wörterb. N. A. V, 467.

de [88]). Der Mond stand 54° hoch, der gegenüberliegende Punkt dieses Kreises dagegen hatte nur eine Höhe von 14°, woraus sich ein Zenithabstand des Mittelpunktes von 20° ergiebt.

Brandes [89]) leitet diesen weißen Kreis aus der Reflexion der Lichtstrahlen von Eiskrystallen her, wie dieses bereits Huygens gethan hatte. Stellen wir uns nämlich Eisnadeln vor, deren Axen vertical stehen, so sehen wir reflectirte Sonnenbilder in denen, die mit unserer Gesichtslinie OA (Taf. I. Fig. 11.) eben den Winkel einschließen, als mit dem Sonnenstrahle SA, wo also oAO = bAS ist, oder in denen, für welche bAS = ½ SOA ist. Schwebt also ein großer Theil der prismatischen Eisnadeln vertical, so werden sich unter ihnen in der Richtungslinie OA immer sehr viele finden, die diese Stellung haben; und da die übrigen vertical schwebenden, aber von dieser Stellung abweichenden, gar kein durch regelmäßige Spiegelung zurückgeworfenes Licht ins Auge senden, so zeichnet sich der Glanz jener merklich aus. Das Bild, welches wir von jedem dieser Verticalspiegel erhalten, liegt mit der Sonne gleich hoch über dem Horizonte; denn da das Einfallsloth AD nach unserer Voraussetzung horizontal ist, so glaubt das Auge das Sonnenbild in der Verlängerung von AO, also eben so hoch über dem Horizonte zu sehen, als die Höhe der Sonne beträgt. Damit jedoch dieser Kreis sich vorherrschend zeige, muß es der verticalen Nadeln bedeutend viel mehr geben, als derjenigen, welche eine andere Stellung haben, weil sonst der ganze Himmel ähnliche Sonnenbilder zurückwerfen und mithin keine Gegend sich durch vorherrschende Helligkeit auszeichnen würde. Hätten die Nadeln nicht eine verticale Stellung, sondern eine andere, so könnten die geneigten Kreise entstehen, wie sie von Flaugergues und Hall beobachtet sind; daß aber in der Regel die verticalen Nadeln am zahlreichsten vorhanden sind, läßt sich aus dem Bestreben der Nadeln, so zu fallen, wie es der kleinste Widerstand erfordert, herleiten. Zu bemerken ist noch, daß für die beinahe in der Richtung gegen die Sonne zu erscheinenden Nadeln eine kleine Abweichung von der verticalen Stellung wenig schadet; denn da alle diese durch Spiegelung entstehenden Kreise durch die Son-

88) Gilbert's Ann. III, 357. aus den Edinburgh Trans. IV, 173.
89) Gehler's Wörterbuch N. A. V, 468.

ne gehen würden und die Breite des Sonnendurchmessers hätten, so würde bei dem scheinbaren Abstande φ von der Sonne und einer Abweichung des Kreises α vom Horizontalkreise doch noch ein Bild des untern Sonnenrandes mit dem Bilde des obern zusammenfallen, so lange diese Kreise sich nicht um mehr als $\frac{1}{2}^\circ$ von einander entfernen. Für 30° Entfernung von der Sonne giebt dieses, wenn die Sonne im Horizonte steht, $\alpha = 1^\circ$; wenn sie 30° hoch steht, $\alpha = 10^\circ$, und wenn diese 45° hoch steht, $\alpha = 16\frac{1}{2}^\circ$; das Erscheinen des weißen Ringes wird daher immer wahrscheinlicher, je höher die Sonne steht, da denn auch die nicht vollkommen vertical stehenden Nadeln ihn verstärken helfen.

Auf eine ähnliche Art leitet Brandes auch die beiden durch die Sonne gehenden Kreise hla und hma (Taf. II. Fig. 2.) her. Jene Eisnadeln nämlich fügen sich nie anders als unter dem Winkel von 60° an einander. Sind also sehr viele solcher verticalen Nadeln vorhanden, so können mit ihnen andere unter 60° Abweichung von der Verticale verbunden seyn. So wie wir nun für die auf dem Horizonte senkrecht stehenden Nadeln einen Horizontalkreis durch die Sonne erhielten, so würden wir für alle Schneenadeln, die gegen einen 60° vom Zenith entfernten Punkt, der zugleich um 90° im Azimuth von der Sonne absteht, gerichtet sind, einen Kreis, durch die Sonne gehend, senkrecht auf diese Richtung, durch die Spiegelung der Sonne in diesen Prismen sehen müssen. Stände nun zum Beispiel die Sonne im Süden, so würde ein in 30° Höhe im Osten und ein eben solcher im Westen liegender Punkt der Mittelpunkt der beiden durch die Sonne gehenden Kreise seyn. Eine Schwierigkeit indessen bleibt noch in dem Umstande, daß diese unter 30° gegen den Horizont geneigten Nadeln wohl in allen Azimuthen vorhanden sind, und daß also die Helligkeit an keiner Stelle ausgezeichnet seyn könnte. Es wird also, wofern die Erklärung richtig ist, das Phänomen nur unter sehr günstigen Umständen hervorgebracht werden können, was auch dadurch bewiesen wird, daß man diese Kreise so selten sieht. Ohnehin sind die wenigen vorhandenen Beobachtungen so beschaffen, daß darin eine genaue Angabe der Dimensionen fehlt. Die wenigen Beobachtungen, welche Brandes anführt, sind folgende.

Baxter [90]) sah am Obern-See, als die Sonne kaum 20° hoch stand, zwei helle Bogen, die sich einander und den Horizontalkreis der Sonne gegenüber durchschnitten und ein Andreaskreuz bildeten. Die Zeichnung ist so, daß man ihnen eine Neigung von 60° beilegen muß. Weidler sagt ausdrücklich [91]), daß die Bogen Winkel von 60° mit einander bildeten. Lowitz, welcher die Bogen bei dem mehrfach besprochenen Phänomene sah; giebt ihre Dimensionen nicht an. Eben dieses ist der Fall bei dem Phänomene, welches sich am 12ten Mai 1824 in Gotha zeigte [92]) und bei dem von Lea beobachteten [93]), so wie demjenigen, welches sich am 27sten März 1826 in Norwegen zeigte [94]).

Fraunhofer [95]) und nach ihm Schmidt [96]), welche nur den weißen Horizontalkreis betrachten, leiten diesen eben so wie die verticale Lichtsäule aus der Lichtbeugung her, indem die beugenden Körper so in der Atmosphäre zerstreut sind, daß nur eine Beugung in der horizontalen Richtung Statt finden kann. Welche von diesen beiden Ansichten die richtigere sey, läßt sich bis jetzt nicht entscheiden.

Wir wenden uns nun zu der Betrachtung der Nebensonnen. Diese zeigen sich stets in der Gegend, wo sich zwei Kreise durchschneiden, wo mithin zwei Ursachen zur Erzeugung einer größern Helligkeit beitragen. Am häufigsten erscheinen sie da, wo sich der innere Ring und der Horizontalkreis durchschneiden, und sie sind selbst dann sichtbar, wenn man von beiden kaum eine Spur zu bemerken im Stande ist. Sie haben ganz die Farben des innern Ringes, nur sind sie meistens nach außen mit einem langen glänzenden Schweife versehen, welcher mit der Richtung des Horizontalkreises zusammenfällt [97]).

---

90) Phil. Trans. 1787. p. 44.

91) Phil. Trans. 1789. XLI, 221.

92) Zach Corresp. astron. X, 536.

93) Poggendorff's Ann. VII, 529.

94) Magazin for Naturvidensk. 1826. I, 154.

95) Schumacher astronom. Abh. III, 84.

96) Schmidt anal. Opt. §. 628.

97) Nach Brandes in Gehler's Wörterb. N. A. V, 483. sind die besten Beschreibungen von Nebensonnen folgende: Miscell. Berol. VI,

Digitized by Google

Die Betrachtung der Nebensonnen würde nach dem Gesagten gar keine Schwierigkeiten darbieten, erschienen sie allemal stets genau in dem Durchschnitte der Kreise; indessen je höher die Sonne steigt, desto mehr liegen sie außerhalb desselben, wovon Venturi den Grund in dem Umstande sucht, daß die Brechung in den vertical schwebenden Prismen nicht genau in einer gegen die Kanten senkrechten Ebene erfolgt. Brandes hat diese Ansicht weiter durchgeführt, und das Folgende zeigt, daß dieselbe den wenigen vorhandenen genaueren Beobachtungen ziemlich gut entspricht.

Bei niedrigem Stande der Sonne liegen die Ränder der vertical schwebenden Prismen fast senkrecht auf der durch die Sonne, das Auge und das Prisma gehenden Ebene, und hier entsteht die Nebensonne da, wohin der innere Ring fällt. Steigt die Sonne dagegen höher, so müssen wir die Lage der Nebensonnen auf folgende Art bestimmen. Es sei SA (Taf. II. Fig. 3.) ein auf das verticale Prisma fallender Lichtstrahl, Ac eine auf der Oberfläche des Prismas durch den Einfallspunkt gezogene Horizontallinie und Ab die horizontale Projection des Strahles. Da das Prisma verschiedene Stellungen haben kann, während es immer vertical bleibt, so ist $bAc = \varphi$ ein veränderlicher Winkel, die Sonnenhöhe $BAS = \alpha$ ist constant und $qAS = 90^0 - \alpha$. Irgend ein Punkt s des Strahles wird durch die drei rechtwinkligen Coordinaten $Ac = x$, $cb = x \tang \varphi$ und $bs = x \sec \varphi \tang \alpha$ bestimmt. Es sey ferner AD die Projection des Strahles auf die Seitenfläche und sd senkrecht auf derselben, so ist $sd = bc$ und

$$As = x\sqrt{(1 + \tang^2\varphi + \sec.^2\varphi \,.\, \tang^2\alpha)}$$
$$= x \sec \varphi \sec \alpha$$

$$\sin sAD = \frac{sd}{As} = \frac{\tang \varphi}{\sec. \varphi \,.\, \sec. \alpha} = \sin \varphi \cos \alpha = \cos sAp$$

wo Ap das Einfallsloth ist. Eben so ist $\tang dAC = \cot qAd = \sec. \varphi \tang \alpha$. Der gebrochene Strahl AT bleibt in derselben auf die erste Seitenfläche senkrechten Ebene, und da für das Berechnungsverhältniß n

$$\cos TAd' = n \cos SAd$$

---

253. Nov. Comment. Petrop. VI, 438. VIII, 392. Phil. Trans. I, 219. XXXI, 312. XXXIV, 257. XL, 59. Mém. de Paris X, 647. u. 1721, 231. 1735, 87. Zach Corresp. X, 534. Trans. of the Irish Acad. 1787.

Digitized by Google

iſt, ſo iſt die Lage des gebrochenen Strahles völlig beſtimmt; da ferner Ad′ = qAd in der Seitenfläche, TAd′ in einer darauf ſenkrechten Ebene liegt, ſo iſt

$$\cos TAq' = \cos . qAd . \cos TAd'$$

$$= \frac{\sin \alpha . n \sqrt{(1 - \sin^2\varphi \cos^2\alpha)}}{\sqrt{(\sin^2\alpha + \cos^2\varphi \cos^2\alpha)}}$$

$$= n \sin \alpha$$

$$\cos TAc' = n \cos SAc$$

Um den Winkel ψ zu beſtimmen, welchen die Projection Ab′ des gebrochenen Strahles auf eine mit der Grundfläche parallele Ebene gezeichnet, mit AC macht, ſey Ac′ = y, c′d′ = y tang c′Ad′ = y sec. φ

$$d't = Ad' \text{ tang } TAd'$$

$$= y \sqrt{(1 + \sec^2\varphi \text{ tang}^2\alpha)} \frac{\sqrt{(1 - n^2 \cos^2 SAd)}}{n \, SAd}$$

Da aber

$$\cos SAd = \sqrt{(1 - \sin^2\varphi \cos^2\alpha)}$$

$$= \sqrt{(\sin^2\alpha + \cos^2\alpha \cos^2\varphi)}$$

ſo wird

$$d't = \frac{y \sqrt{(1 - n^2 + n^2 \sin^2\varphi \cos^2\alpha)}}{n \cos\varphi \cos\alpha}$$

$$\text{tang } b'Ac' = \frac{b'c'}{Ac'} = \frac{d't}{Ac'}$$

$$= \frac{\sqrt{(1 - n^2 + n^2 \sin^2\varphi \cos^2\alpha)}}{n \cos\varphi \cos\alpha}$$

$$\cos b'Ac' = \cos\psi = \frac{n \cos\varphi \cos\alpha}{\sqrt{(1 - n^2 \sin^2\alpha)}}$$

wo $\psi - \varphi$ der Winkel iſt, welchen die Projection des gebrochenen Strahles mit der des ungebrochenen bildet.

Wird nun der bei T herausfahrende Strahl ſo gebrochen, daß ſeine horizontale Projection mit der der Seitenlinie Cc″ parallelen Tf den Winkel φ' bildet, und iſt α' ſeine Neigung gegen den Horizont, ſo erhält man eben ſo

$$\cos b'Ac' = \frac{n \cos\varphi' \cos\alpha'}{\sqrt{(1 - n^2 \sin^2\alpha')}}$$

Da aber $b'A'C = 120° - b'AC$

alſo $\cos b'A'C = -\frac{1}{2} \cos b'AC + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin b'AC$, ſo iſt

$$\frac{n\cos\varphi'\cos\alpha'}{\sqrt{(1-n^2\sin^2\alpha')}} = -\frac{1}{2}\frac{n\cos\varphi\cos^2\alpha}{\sqrt{(1-n^2\sin^2\alpha)}} + \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{\frac{1-n^2+n^2\sin^2\varphi\cos^2\alpha}{1-n^2\sin^2\alpha}}$$

Für diese Neigung ist $\cos TA'q = n\sin\alpha$ und $\cos ATA' = n\sin\alpha'$, also $\alpha' = \alpha$ und daher in obiger Gleichung weit bequemer

$$n\cos\alpha(\cos\varphi' + \tfrac{1}{2}\cos\varphi) = \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{(1-n^2+n^2\sin^2\varphi\cos^2\alpha)}$$

woraus sich φ' in allen Fällen ergiebt.

Soll $\varphi' = \varphi$ seyn, so wird

$$n^2\cos^2\alpha\cdot\tfrac{2}{4}(1-\sin^2\varphi) = \tfrac{3}{4}(1-n^2+n^2\cos^2\alpha\sin^2\varphi)$$

$$3n^2\cos^2\alpha - 1 + n^2 = 4n^2\cos^2\alpha\sin^2\varphi$$

$$\cos\varphi = \frac{\sqrt{(1-n^2\sin^2\alpha)}}{2n\cos\alpha}$$

Für $\alpha = 0$ wird $\cos\varphi = \frac{1}{2}n$ und $\cos\psi = n\cos\varphi = \frac{1}{2} = \cos 60°$. In diesem Falle, wo $\varphi = \varphi'$ ist bei jedem Werthe von α auch $\psi = \psi' = 60°$, weil dann

$$\cos\psi = \frac{n\cos\varphi\cos\alpha}{\sqrt{(1-n^2\sin^2\alpha)}} = \tfrac{1}{2}$$ ist.

In diesem Falle, wo $\varphi = \varphi'$, tritt das Minimum der Brechung ein, und da $\psi = \varphi$ die horizontale Projection des Winkels ist, um welchen der am Prisma gebrochene Strahl von der Richtung des einfallenden abweicht, so ist $2(\psi - \varphi)$ der Azimuthalabstand derjenigen Nebensonne, welche durch die verticalen Prismen allein hervorgebracht wird. Aus diesem Azimuthalabstande ergiebt sich der wahre Abstand als dritte Seite eines gleichschenkligen Dreieckes, dessen zwei Seiten gleich der Sonnenhöhe und bei welchem der eingeschlossene Winkel gleich dem Azimuthalabstande ist.

Ich will dieses auf einige Nebensonnen anwenden, bei denen der Abstand gemessen ist. Am 3ten Junius 1830 sah ich in Halle nach 7^h Morgens eine Nebensonne, welche etwa $3°$ außerhalb des Hofes stand. Die Höhe der Nebensonne war um 7^h gleich $26°\,30'$, bei der Beobachtung mochte sie etwas größer seyn, doch will ich bei der angegebenen Größe stehen bleiben. Setzen wir

$n = \frac{1}{1,303}$ für rothe Strahlen, so wird $\varphi = 46^\circ 51'$, $\psi = 60^\circ 0'$, also $2(\psi - \varphi) = 26^\circ 18'$. Hieraus ergiebt sich der Abstand von der Sonne gleich $23^\circ 30'$. Nehmen wir den Halbmesser des Hofes zu $21^\circ 50'$ an; so wäre der Abstand nach der Beobachtung gleich $21^\circ 50' + 3^\circ = 24^\circ 50^\circ$ gewesen. Da indessen die Höhe der Sonne so wie der Abstand der Nebensonne nur geschätzt wurde, so muß der Unterschied darin gesucht werden, daß die der Berechnung zum Grunde liegenden Elemente nicht ganz genau sind.

Am 30sten März 1833 sah ich um 8^h Morgens eine Nebensonne, deren Abstand von der wahren mit einem Sextanten gemessen $22^\circ 54'$ betrug. Die Sonnenhöhe zur Zeit der Beobachtung war $21^\circ 10'$. Darnach liegt das rothe Bild in einem Abstande von $22^\circ 40'$ von der Sonne, wenig von der Erfahrung abweichend.

Am 24sten Septbr. 1785 sah Hamilton bei einer Sonnenhöhe von etwa 40° eine Nebensonne, deren Abstand von der wahren Sonne 26° war. Die obige Betrachtung giebt $26^\circ 59'$.

Aus dem Gesagten folgt, daß wir bei hohem Stande der Sonne an jeder Seite derselben zwei Nebensonnen sehen könnten, eine da, wo der innere Hof den Horizontalkreis durchschneidet, und die andere da, wo die oben geführte Rechnung sie hinweist. Die letztere würde allein entstehen, wenn nur verticale Eisprismen vorhanden wären, die andere wird aber zugleich entstehen können, wenn in der Höhe, welche der Sonnenhöhe gleich ist, sich unter den nach allen Richtungen geneigten Nadeln eine hinreichende Anzahl befindet, in welcher die Brechung in der auf den Kanten senkrechten Ebene erfolgt. Am 20sten Mai 1677 sah Cassini zwei solche Nebensonnen, die im Horizontalkreise 4° von einander entfernt waren [98]). — Der Schweif, welcher sich von diesen Nebensonnen nach auswärts erstreckt, entsteht dadurch, daß viele Prismen eine Lage haben, welche von derjenigen abweicht, bei welcher das Minimum der Brechung Statt findet.

98) Mém. de Paris X, 583.

Die Nebensonnen, welche da entstehen, wo der zweite Ring den Horizontalkreis durchschneidet und welche im Allgemeinen selten sind [99]), lassen sich auf eine ähnliche Art erklären, eben so wie diejenige, welche der Sonne gegenüber liegt, indem sich auch hier mehrere Kreise durchschneiden [100]). Brandes [1]) betrachtet noch ausführlich diejenigen Nebensonnen, welche in einem Abstande von etwa 90° von der Sonne erscheinen, und untersucht ihre Distanz bei verschiedener Höhe des leuchtenden Gestirns. Da aber in diesem Falle die Messungen so beschaffen zu seyn scheinen, daß keine Vergleichung der theoretisch gefundenen Größen mit den durch directe Beobachtung erhaltenen möglich ist, so übergehe ich diese Betrachtung ganz.

Wir wenden uns zu dem letzten Phänomene, nämlich den Berührungskreisen [2]), welche Brandes für den schwierigsten Theil der ganzen Untersuchung hält. Betrachten wir zunächst diejenigen Kreise, welche am ersten oder zweiten Ringe vorhanden sind und diese in der durch die Sonne gehenden Verticale berühren, so muß ihre Erklärung sich ganz an die der Höfe anschließen, da diese, gegen die Sonne convexen Kreisbogen auch dann, wenn sie allein erscheinen, dieselben Farben zeigen, als die zugehörigen Ringe [3]). Meistens scheint die Berührung so Statt zu finden, daß das Roth oder Blau des Ringes von denselben Farben des Brechungskreises berührt wird, zuweilen jedoch ist dieses nicht der Fall, wie namentlich Musschenbroek einmal sah, daß sich das Roth des Berührungskreises und das Blau des Ringes mit einander mischten.

---

99) Außer mehreren Beobachtungen bei Huygens citirt Brandes die v. Dobbs in Phil. Trans. 1722. XXXII, 89. u. Mallet Schwed. Abh. 1763. S. 45.

100) Brandes nennt folgende Beob.: Hevelius bei Huygens, Weidler in Phil. Trans. 1739. XLI, 221. v. Swieten das. 1737, 94. und die mehreren der früher erwähnten Abhandlungen.

1) Gehler's Wörterb. N. A. V, 488.

2) Das. V, 492.

3) Brandes führt folgende Beobachtungen an: Acta Erudit. 1726, 223. Phil. Trans. XXXI, 212. 1737, 54. u. 59. 1787, 44. Mém. de Paris 1721, 231. 1735, 87. Gilbert's Ann. XVIII, 88. Magaz. for Naturvidensk. 1826. I, 179.

Digitized by Google

Häufig werden diese oberen Kreise so gezeichnet, daß sie das Zenith zum Mittelpunkt haben, jedoch hält Brandes diese Bedingung nicht für einen wesentlichen Umstand, es ist nur erforderlich, daß die Mittelpunkte der oberen Kreise mit der Sonne in einerlei Verticalkreis liegen.

Um diese Kreise zu erklären, nimmt Venturi die Zuspitzung der Eisprismen zu Hülfe und wählt der bequemern Darstellung wegen sechsseitige Prismen mit sechsseitigen Pyramidenspitzen, deren Ebenen er 120° geneigt gegen die zugehörigen Seitenflächen des Prismas nimmt. Brandes hält es jedoch nicht für wahrscheinlich, daß der convexe Bogen durch Brechung der auf die Spitze fallenden Strahlen gebildet werde. Da nämlich dieser Bogen genau dieselbe Färbung hat, als der Ring, mit welchem er in Berührung steht, so muß er beim ersten Ringe als ein Minimum der Brechung erklärt werden, und da läßt sich Folgendes übersehen. Wenn alle diese Pyramidenspitzen unter 60° gegen die Verticale geneigt und die zugehörigen Seitenflächen vertical sind, so giebt es nur eine einzige Azimuthalstellung, bei welcher sich ein Minimum zeigt, und eine Verrückung des Prismas giebt dann sicher eine bedeutend abweichende Lage des Sonnenbildes. Soll sich an mehreren Punkten ein solches dem Minimum der Brechung entsprechendes Sonnenbild zeigen, so muß sich mit verändertem Orte des Prismas nicht blos das Azimuth, sondern auch die Neigung seiner Seitenfläche ändern. Die Schwierigkeiten sich von der Existenz dieser Stellungen zu überzeugen sind Ursache, daß Brandes diese Idee von Venturi aufgiebt und sich bemüht, das ganze Phänomen aus horizontal liegenden Prismen abzuleiten. Ist also eine Seite AEFB (Taf. II. Fig. 4.) eines solchen Prismas unter dem Winkel β gegen den Horizont geneigt, so ist die Neigung der Seitenfläche ABCD gleich $120° - \beta$. In T treffe der Lichtstrahl ST die erstere dieser Flächen und man lege durch T die Ebene bfo senkrecht auf die Kanten des Prismas; man ziehe TN in dieser Ebene horizontal und es sey $STL = \alpha$ die Sonnenhöhe, und der Horizontalwinkel $NTL = \Phi$ gebe die Azimuthallage der Ebene bef gegen das Azimuth der Sonne an. Jeder Punkt des Strahles wird durch die drei Coordinaten $Tv = x$, $vu = x \tang \Phi$ und $us = x \sec. \Phi \tang \alpha$ bestimmt, und wenn man ss' senk-

recht auf die Ebene abcf zieht, so ist Ts′ die Projection des Strahles auf diese Ebene, und es ist

$$\text{tang } s'Tv = \text{sec. } \varphi \text{ tang } \alpha$$
$$s'Tf = \beta + s'Tv$$
$$\sin s'Tv = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{(\sin^2\alpha + \cos^2\varphi \cos^2\alpha)}}$$
$$\cos s'Tv = \frac{\cos \alpha \cos \varphi}{\sqrt{(\sin^2\alpha + \cos^2\alpha \cos^2\varphi)}}$$
$$\sin s'Tf = \frac{\sin \beta \cos \alpha \cos \varphi + \cos \beta \sin \alpha}{\sqrt{(\sin^2\alpha + \cos^2\alpha \cos^2\varphi)}}$$
$$\sin s'Tf = \frac{\cos \beta \cos \alpha \cos \varphi - \sin \beta \sin \alpha}{\sqrt{(\sin^2\alpha + \cos^2\alpha \cos^2\varphi}}$$

Ferner ist

$$\text{tang } s'Ts = \frac{s's'}{Ts'} = \frac{vu}{Ts'}$$
$$= \frac{\text{tang } \varphi}{\sqrt{(1 + \sec^2\varphi \text{ tang}^2\alpha)}}$$
$$= \frac{\sin \varphi \cos \alpha}{\sqrt{(\cos^2\varphi \cos^2\alpha + \sin^2\alpha)}}$$
$$\cos s'Ts = \sqrt{(\sin^2\alpha + \cos^2\alpha \cos^2\varphi)}$$

Das Einfallsloth liegt in eben dieser Ebene bfc und ist auf bf senkrecht; der Winkel, welchen s′T mit demselben macht ist, 90° — fTs′, und wenn dieses Einfallsloth mit Tp bezeichnet wird, so ist

$$\cos STp = \cos pTs' . \cos sTs'$$
$$= \sin \beta \cos \alpha \cos \varphi + \cos \beta \sin \alpha$$

Bezeichnen wir diesen Winkel mit w, so ist für den gebrochenen Strahl Tt

$$\sin tTp' = m \sin w.$$

Da der gebrochene Strahl in der Ebene Tps bleibt, deren Neigung i gegen bfc aus dem Vorigen gefunden wird, so läßt sich die Projection des gebrochenen Strahles auf bfc und die Neigung des gebrochenen Strahles gegen diese Projection angeben. Es ist nämlich

$$\sin i = \sin STps' = \frac{\sin s'Ts}{\sin STp} = \frac{\sin \varphi \cos \alpha}{\sin w}$$

Eben so ist

$$\sin i = \frac{\sin tTt'}{\sin tTp'} = \frac{\sin tTt'}{m \sin w}$$

also

also $\sin tTt' = m \sin \varphi \cos \alpha = m \sin s'Ts$

$$\cos tTp' = \frac{\cos tTp'}{\cos tTt'} = \frac{\sqrt{(1 - m^2 \sin^2 \omega)}}{\sqrt{(1 - m^2 \cos^2 \alpha \sin^2 \varphi)}}$$

$$\sin T'tp' = \frac{m\sqrt{(\sin^2 \omega - \cos^2 \alpha \sin^2 \varphi)}}{\sqrt{(1 - m^2 \cos^2 \alpha \sin^2 \varphi)}}$$

$$= \frac{m(\cos \alpha \cos \beta \cos \varphi - \sin \alpha \sin \beta)}{\sqrt{(1 - m^2 \cos^2 \alpha \sin^2 \varphi)}}$$

Für den hier zu betrachtenden Fall, wenn wir das Minimum der Berechnung aufsuchen, ist t'T parallel mit ef und wir haben hier

$\sin t'Tp' = \sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ und für φ erhalten wir die Gleichung

$$\frac{1}{4} = \frac{m^2(\cos \alpha \cos \beta \cos \varphi - \sin \alpha \sin \beta)^2}{1 - m^2 \cos^2 \alpha \sin^2 \varphi)}$$

mithin

$$1 - m^2 \cos^2 \alpha \sin^2 \varphi = 4m^2 \cos^2 \alpha \cos^2 \beta \cos^2 \varphi - 8m^2 \sin \alpha \cos \alpha \sin \beta \cos \beta \cos \varphi + 4 m^2 \sin^2 \alpha \sin^2 \beta$$

$$1 - m^2 \cos^2 \alpha - 4 m^2 \sin^2 \alpha \sin^2 \beta = m^2 \cos^2 \varphi (4 \cos^2 \beta - 1) \cos^2 \alpha - 8 m^2 \cos \varphi \sin \alpha \cos \alpha \sin \beta \cos \beta$$

Dadurch ist φ eine gegebene Größe, die bei gegebener Sonnenhöhe für jeden Werth von β einen andern Werth erhält. Aber durch eben diese Ausdrücke, die hier sin t'Tp' und cos bTt' bestimmten, wird auch cos bt'T gefunden, wenn α' die Neigung des ausfahrenden Strahles gegen den Horizont, φ' den Azimuthalwinkel bedeutet, welchen der ausfahrende Strahl mit der Ebene bfc macht; nur muß dann $\beta' = 120^\circ - \beta$ für β gesetzt werden, weil dieses die Neigung der zweiten Ebene ist. Man hat also

$$\cos bt'T = \frac{m(\cos \alpha' \cos \beta' \cos \varphi' - \sin \alpha' \sin \beta')}{\sqrt{(1 - m^2 \cos^2 \alpha' \sin^2 \varphi')}}$$

$$\sin tTt' = m \sin \varphi' \cos \alpha'$$

Da letztere Größe gleich $m \sin \varphi \cos \alpha$ seyn muß, so ist

$$\cos \alpha' = \frac{\sin \varphi \cos \alpha}{\sin \varphi'}$$

und der Nenner in cos bt'T ist dem in sin t'Tp' gleich, also

$$\cos \alpha \cos \beta \cos \varphi - \sin \alpha \sin \beta = \cos \alpha' \cos \beta' \cos \varphi' - \sin \alpha' \sin \beta'$$

woraus sich α' und φ' ergeben.

Digitized by Google

Brandes wendet diese allgemeinen Betrachtungen auf einige specielle Fälle an. Es sei also zuerst $\alpha = 0$, dann gehören folgende Zahlen zusammen:

β	φ	α'	φ'
49° 5′	0° 0′	21° 50′	0° 0′
48. 0	17. 55	22. 37	19. 23
46. 0	28. 40	24. 20	31. 46
43. 0	37. 34	26. 20	42. 52
40. 0	43. 12	27. 56	50. 47
30. 0	53. 15	31. 13	69. 33

Es zeigt sich also ein den Ring oben berührender Bogen, der aber kein horizontaler Kreis ist, sondern in den Azimuthalabständen $\varphi' - \varphi$

$= 1° 28'$ um $0° 47'$
$= 3.\ 6$ .. $2.\ 30$
$= 5.\ 18$ .. $4.\ 30$
$= 7.\ 35$ .. $6.\ 6$
$= 16.\ 18$ .. $9.\ 23$

} höher

liegt, in diesem Abstande aber wegen der großen Werthe von φ schon sehr matt werden muß.

Es sei ferner $\alpha = 30°$, so ergeben sich folgende Zahlen:

β	φ	α'	φ'
19° 5′	0° 0′	51° 50′	0° 0′
17. 0	18. 6	51. 40	25. 48
15. 0	24. 57	51. 44	36. 9
13. 0	30. 1	51. 29	44. 6
10. 0	35. 56	51. 7	53. 26
5. 0	43. 22	49. 41	66. 50
0. 0	49. 4	47. 51	77. 9

In diesem Falle ist der Bogen horizontal, da seine Höhe in $17\frac{1}{2}°$ Azimuthalabstand sich erst um 43′ geändert hat.

Ebenso sei $\alpha = 50°$, so wird

β	φ	α'	φ'
— 0° 55′	0° 0′	71° 50′	0° 0′
— 3. 0	19. 21	70. 12	38. 58
— 7. 0	32. 25	67. 17	63. 16
— 10. 0	39. 21	65. 1	74. 47

Digitized by Google

In diesem Falle liegt, wenn man den Berührungsbogen als einen ungefähren Kreisbogen betrachtet, der Mittelpunkt jenes Bogens ziemlich weit jenseits des Zenithes.

Für den am untern Punkte berührenden Bogen muß man ganz genau eben so rechnen, nur wird jetzt $s'Tb = \beta - s'Tv$ statt $s'Tf$ vorkommen. Für $\alpha = 30°$ findet Brandes folgende Werthe:

β	φ	α'	φ'
100° 55′	0° 0′	8° 10′	0° 0′
100. 0	25. 15	6. 55	21. 51
99. 0	36. 4	5. 33	30. 49
97. 0	50. 29	2. 58	41. 59

Dagegen für $\alpha = 35°$ finden folgende Werthe Statt

β	φ	α'	φ'
84° 5′	0° 0′	13° 10′	0° 0′
85. 0	21. 16	12. 28	17. 43
86. 0	30. 19	11. 46	24. 59
90. 0	50. 33	9. 40	39. 55
95. 0	64. 18	7. 52	48. 9
100. 0	73. 26	7. 20	52. 20

Bei 30° Sonnenhöhe hat der Bogen viel Aehnlichkeit mit einem Kreisbogen, indem in dem Azimuthabstande 3° 24′ der Bogen um 1° 15′, in dem Abstande 8° 30′ um 5° 12′ herabgegangen, also nach oben convex ist, obgleich nicht ganz so viel, als ein Kreisbogen es seyn würde. Aber bei größeren Sonnenhöhen müßte, wie die Rechnung zeigt, die Abweichung vom Kreisbogen gegen die Enden hin merklicher werden, und man sollte wohl den im höchsten Punkte nach oben convexen Bogen weiterhin eine entgegengesetzte Krümmung zeigend wahrnehmen. Doch fehlt es hierüber ganz an näheren Messungen. Sehr glänzend übrigens muß nach dieser Betrachtung der unten angeführte convexe Bogen seyn, besonders da, wo er sich an den Ring anschließt; denn wenn wir 30° Sonnenhöhe annehmen und die Strahlen betrachten, welche die Prismen treffen, bei denen $\varphi = 0$ bis $\varphi = 25°$ ist, so vereinigen diese ihr Licht im untern Bogen auf einem Raume

Digitized by Google

von $3\frac{1}{3}$ Graden, während dieser Raum im obern Bogen 11° beträgt.

Eben diese Ansicht wendet **Brandes** auch auf den Kreis an, welcher den zweiten Ring berührt. Wenn hier der Strahl nicht mehr hervorgehen soll, so müßte der auf α' und β' angewandte Ausdruck für sin STp größer als 1 seyn, und es muß also für die Gränze $\sin\beta' \cos\alpha' \cos\Phi' = \sin\alpha' \cos\beta'$ seyn, indem dabei α' negativ wird. Dieses giebt

$$\cos\Phi' = \operatorname{tang}\alpha' \cos\beta'$$

und da auch hier

$$\sin\Phi' = \frac{\sin\varphi \cos\alpha}{\cos\alpha'}$$

ferner $\text{bt}\,T = 120° - \text{bTt}' = 30° + \text{p}'\text{Tt}'$

so ist

$$\text{m}(\cos\alpha' \cos\beta' \cos\Phi' + \sin\alpha' \sin\beta') = \cos 30° \cos \text{p}'\text{Tt}' - \sin 30° \sin \text{p}'\text{Tt}'$$

oder

$$\cos\alpha' \cos\beta' \cos\Phi' + \sin\alpha' \sin\beta' = \cos 30° \sqrt{\left\{\frac{1}{\text{m}^2} - 1 + (\cos\alpha \sin\beta \cos\varphi + \sin\alpha \cos\beta)^2\right\}} - \sin 30° (\cos\alpha \cos\beta \cos\varphi - \sin\alpha \sin\beta)$$

wo der erste Theil durch den Werth von $\cos\Phi'$ in $\sin\alpha' \cos$ ec. β' übergeht; aus diesen drei Gleichungen müßten bei gegebenem α und β die Größen α', φ, Φ' gefunden werden.

Soll $\Phi' = 0$ und $\varphi = 0$ seyn, so ist $\alpha' = \beta'$ und dann giebt die letzte Gleichung

$$\text{m}\cos(\alpha' - \beta') = \cos 30° \sqrt{(1 - \text{m}^2 \cos^2(\alpha + \beta))} - \text{m} \sin 30° \cos(\alpha - \beta)$$

Da in diesem Falle $\alpha + \beta$ der Winkel des einfallenden Strahles mit der Seitenfläche ist, so erhält man, wenn σ den Winkel des gebrochenen Strahles mit der Seitenfläche bezeichnet,

$$\cos\sigma = \text{m}\cos(\alpha + \beta)$$
$$\text{m} = \cos 30° \sin\sigma - 30° \cos\sigma$$
$$= \sin(\sigma - 30°) = \cos(120° - \sigma)$$

Digitized by Google

Um den entstehenden Bogen in einigen Fällen kennen zu lernen, sey $\alpha = 30^\circ$, so gehören folgende Werthe zusammen.

β	φ	α'	φ'
76° 32′	0° 0′	43° 28′	0° 0′
75. 55	10. 0	43. 18	13. 47
73. 50	20. 0	42. 40	27. 43
69. 44	30. 0	41. 45	42. 5
62. 49	40. 0	40. 4	57. 8

Der Bogen ist also nicht ganz horizontal, sondern geht auf 17° Azimuth um 3° 24′ herabwärts; man wird den Bogen also als einen Kreisbogen ansehen, dessen Mittelpunkt etwas jenseits des Zenithes liegt.

Eben so sey $\alpha = 30^\circ$, so finden wir

β	φ	α'	φ'
46° 32′	0° 0′	73° 28′	0° 0′
46. 8	4. 0	73. 25	12. 17
45. 50	10. 0	72. 0	29. 8
42. 55	20. 0	68. 35	54. 12
37. 20	30. 0	63. 12	73. 50

Dieser Bogen ist der horizontalen Lage näher als der vorige, indem er auf 19° Azimuth nur $1\frac{1}{2}^\circ$ herabwärts geht.

Brandes betrachtet noch den Fall, wo dieser den zweiten Ring berührende Bogen eben so wie der Ring selbst durch eine Brechung in zwei Prismen gebildet oder verstärkt wird. Die Vereinigung dieser wirksamen Strahlen nach zwei Brechungen mit den vorhin berechneten letzten hervorgehenden Strahlen kann nur unter gewissen Umständen Statt finden. Unter den Prismen, welche von den schon gebrochenen Strahlen getroffen werden, sind gewiß eben so viele, die $\Phi = 0$, also die $\Phi = 10^\circ$, $\Phi = 20^\circ$ u. s. w. geben; aber alle von $\Phi = 0$ bis $\Phi = 20^\circ$ geben der Richtung des auffallenden Strahles einen gleichen Höhenwinkel und keine große Aenderung des Azimuthalwinkels, und diese Prismen kommen also vorzugsweise in Betrachtung, weil bei ihnen die Lichtstärke weit auffallender ist, als bei andern Stellungen. Hiernach kann man annehmen, daß die dem ersten Berührungsbogen entsprechenden Strahlen nach abermaliger Brechung einen um 21° 50′ oberhalb jenem liegenden zweiten

Digitized by Google

Bogen darstellen könnten, und das gäbe folgende Vergleichung, wenn die vorhin berechneten Höhen im zweiten Bogen mit α'', das Azimuth mit $\varphi'' - \varphi$ bezeichnet wird, während die auf diese Weise gefundenen α''', $\varphi''' - \varphi$ heißen.

Für $\alpha = 0°$ erhalten wir folgende Werthe:

φ	α'	$\varphi' - \varphi$	α''	$\varphi'' - \varphi$	α'''	$\varphi''' - \varphi$
0° 0′	21° 50′	0° 0′	43° 28′	0° 0′	43° 40′	0° 0
10. 0	. . .	. . .	43. 18	3. 47	. . .	. . .
17. 55	22. 37	1. 28	. . .	. . .	44. 27	1. 28
20. 0	. . .	. . .	42. 40	7. 43	. . .	. . .
28. 40	24. 20	3. 6	. . .	. . .	46. 10	3. 6
30. 0	. . .	. . .	41. 45	12. 5	. . .	. . .
37. 34	26. 20	5. 18	. . .	. . .	48. 10	5. 18
40. 0	. . .	. . .	40. 4	17. 8		
43. 12	27. 56	7. 35				
53. 15	31. 13	16. 18				

Hier fände also kein Zusammentreffen Statt, und bei so niedriger Stellung der Sonne könnten beide Erscheinungen sich gegenseitig nicht verstärken.

Für $\alpha = 30°$ finden wir folgende Werthe:

φ	α'	$\varphi' - \varphi$	α''	$\varphi'' - \varphi$	α'''	$\varphi''' - \varphi$
0° 0′	51° 50′	0° 0′	73° 28′	0° 0′	73° 40	0° 0′
4. 0	. . .	. . .	73. 25	8. 17		
10. 0	. . .	. . .	72. 0	19. 8		
18. 6	51. 50	7. 43	. . .	. . .	73. 40	7. 43
20. 0	. . .	. . .	68. 35	34. 12		
24. 57	51. 44	11. 12	. . .	. . .	73. 34	11. 12
30. 1	51. 29	14. 5	. . .	. . .	73. 19	14. 5
35. 56	51. 7	17. 30	. . .	. . .	72. 57	17. 30

Für gleiche Azimuthe $\varphi'' - \varphi = \varphi' - \varphi$ finden wir folgende zusammen gehörige Werthe:

$\varphi'' - \varphi$	α''	α'''
0° 0′	73° 28′	73° 40′
8. 0	73. 25	73. 40
11. 0	73. 0	73. 34
14. 0	72. 40	73. 19
17. 30	72. 12	72. 57

Digitized by Google

Hier also ist die Uebereinstimmung größer, und so können beide Ursachen gleichzeitig zur Entstehung des Ringes beitragen.

Auf eine ähnliche Art können die Berührungskreise tt und oo (Taf. II. Fig. 2) bei denen zw = 120° beträgt, dadurch erklärt werden, daß die Brechung in Nadeln erfolgt, welche 60° gegen die ersten geneigt sind.

Ich verweile nicht länger bei der Durchführung einzelner Punkte dieser Theorie, da es bis jetzt noch sehr an Messungen fehlt, welche dazu dienen könnten, eine Prüfung der Rechnungen vorzunehmen, und eben so wenig verweile ich bei einzelnen ungewöhnlichen Erscheinungen, sondern ich wende mich zu dem letzten Phänomen, welches in den Kreis der in diesem Abschnitte behandelten Gegenstände gehört, nämlich zum

Regenbogen.

Wenn die Sonne auf eine Regenwolke scheint und die Lichtstrahlen von den Regentropfen reflectirt werden, so sieht man auf der der Sonne gegenüberstehenden Seite des Himmels einen oder zwei prismatisch gefärbte Kreisbogen, welche Regenbogen heißen und in manchen Gegenden Regengalle genannt werden, wofern sich nur ein Stück dieses Bogens in der Nähe des Horizontes zeigt. Sind beide Bogen vollständig, so sind sie concentrisch, und genaue Messungen zeigen, daß ihr Mittelpunkt dort liegt, wohin der Schatten des Kopfes fallen würde. Der innere, tiefer stehende Bogen heißt seiner lebhafteren Farben wegen Hauptregenbogen, der äußere der Nebenregenbogen. Bei dem Hauptregenbogen liegen die prismatischen Farben dergestalt, daß das Violett den innern, das Roth den äußern Raum einnimmt, dergestalt, daß der Halbmesser des rothen Kreises am größten, der des violetten am kleinsten ist. Zuweilen zeigt sich am innern Rande dieses Kreises noch eine mehrfache Wiederholung der Farben zu schmalen Säumen, in denen sich besonders Roth und Grün auszeichnen. Bei dem Nebenregenbogen liegen die Farben in umgekehrter Ordnung, so daß der Halbmesser des rothen Kreises am kleinsten, der des violetten am größten ist.

Zur Entstehung des Regenbogens ist erforderlich, daß die Sonnenstrahlen auf Regentropfen fallen; der Hintergrund ist dabei völlig gleichgültig. Nicht bloß kann derselbe sich scheinbar auf

Digitized by Google

Wolken abbilden, sondern auch auf terrestrischen Gegenständen; ja bei Wasserfällen und dann wenn man Regenwolken von einem hohen Standpunkte aus betrachtet, kann es geschehen, daß man einen vollständigen Kreis sieht. Ich habe selbst mehrmals bei Regenschauern Bogen auf reinem Himmel gesehen, ohne daß die Tropfen zur Erde gelangten, indem sie während ihres Herabfallens wieder verdunsteten [4]).

Sollen die Bogen in großer Reinheit erscheinen und die Farben sich durch große Intensität unterscheiden, so ist es erforderlich, daß das Licht, welches in den Tropfen modificirt wird, eine große Lichtstärke besitze, und daher ist es vorzugsweise die Sonne, welche zur Entstehung schöner Regenbogen Veranlassung giebt. Beim Mondschein zeigen sie sich meistens als weiße oder gelbe Bogen und nur selten sind die prismatischen Farben vorhanden [5]). Daß es nur die Verschiedenheit der Lichtstärke sei, welche Ursache des Farbenmangels ist, bedarf wohl kaum eines nähern Beweises.

Da alle Erfahrungen dafür sprechen, daß der Regenbogen nur durch die Brechung und Reflexion des Lichtes in Regentropfen gebildet werden, so wollen wir den Weg des Strahles in einem solchen Tropfen verfolgen und annehmen, daß derselbe vollkommen sphärisch sei [6]). Es sei MNO (Taf. I. Fig. 12.) der Durchschnitt einer Kugel, deren Brechungsverhältniß wir für den rothen Strahl mit n bezeichnen wollen; es sei C der Mittelpunkt der Kugel und LM ein Strahl, welcher von einem sehr entfernten Punkte ankommt. Fällt der Strahl bei M in die Kugel, so wird er nach MN gebrochen, und wenn wir den Einfallswinkel mit ε, den Brechungswinkel NMC mit β bezeichnen, so ist

$$\sin \varepsilon = n \,.\, \sin \beta$$

Der gebrochene Strahl MN trifft in N die Oberfläche der Kugel, ein Theil desselben geht durch dieselbe hindurch, ein anderer wird nach NO reflectirt und wird hier aufs Neue theils im Innern der Kugel reflectirt, theils nach OP gebrochen, so daß ein in P befindliches Auge ein Bild des leuchtenden Punktes erhält.

4) S. Bd. I. S. 402.

5) Brandes in Gehler's Wörterb. N. A. VII, 1349. führt mehrere Schriften an, worin solche Mondregenbogen erwähnt werden.

6) Ich folge hiebei der Darstellung von Schmidt anal. Optik. §. 443. S. 431 flg.

Digitized by Google

Da nun $MNC = CMN = \beta$
ferner $CNO = CNM$,
so ist $CON = \beta$ und $POS = \varepsilon$

Man verlängere den einfallenden Strahl so lange, bis er die rückwärts verlängerten Strahlen ON und OP in Q und R schneidet, so ist

$$MNO = QMN + MQN$$

Da aber $QMN = \varepsilon - \beta$, $MNO = 2\beta$
so ergiebt sich der Winkel, welchen der einmal zurückgeworfene Strahl mit dem einfallenden bildet

$$MQN = 3\beta - \varepsilon$$

Ebenso ist $MQN = QRO + QOR$
und da $QOR = \varepsilon - \beta$
so wird $QRO = 4\beta - 2\varepsilon$

Bezeichnet man daher den Winkel, welchen der ausfahrende Strahl nach einmaliger Zurückwerfung mit dem einfallenden macht, mit E_1, so wird

$$E_1 = 4\beta - 2\varepsilon.$$

Wie bereits erwähnt wurde, findet bei O ebenfalls eine partielle Reflexion Statt; der zum zweiten Male reflectirte Strahl, welcher zur Oberfläche gelangt, wird theilweise gebrochen, theilweise zum dritten Male reflectirt. Bezeichnen wir die Winkel, welchen die 2, 3, 4.... Mal reflectirten Strahlen bei ihrem Austritte aus der Kugel mit dem einfallenden Strahle bilden, mit E_2, E_3, E_4....., so erhalten wir durch Betrachtungen, welche der eben geführten ähnlich sind, folgende Reihe von Gleichungen

$$E_1 = 4\beta - 2\varepsilon$$
$$E_2 = 6\beta - 2\varepsilon$$
$$E_3 = 8\beta - 2\varepsilon$$

und allgemein nach m Reflexionen

$$E_m = 2(m+1)\beta - 2\varepsilon.$$

wo ε und β mit einander durch die Gleichung

$$\sin \varepsilon = n \sin \beta$$

verbunden sind.

Auf diese Art sehen wir, daß aus jedem Tropfen Strahlen nach allen Richtungen ausgehen und daß wir mithin allenthalben reflectirte Sonnenbilder sehen könnten. Soll indessen eine Gegend durch Farbe ausgezeichnet seyn, so müssen die ausfahrenden Strah-

Digitized by Google

len parallel werden und wir müssen demnach den Werth von ε aufsuchen, welchem die geringste Aenderung von E_m entspricht. Um diesen zu finden, differentiren wir die zuletzt erwähnten Gleichungen, so wird

$$dE_m = 2(m+1)\,d\beta - 2d\varepsilon$$
$$\cos\varepsilon \,.\, d\varepsilon = n\cos\beta \,.\, d\beta$$

Wird aus beiden $d\beta$ deliminirt, so wird

$$\tfrac{1}{2}\cdot\frac{dE_m}{d\varepsilon} = \frac{(m+1)\cos\varepsilon}{\sqrt{(n^2-\sin^2\varepsilon)}} - 1$$

Setzen wir nun für unsern Fall, wo ein Parallelismus der Strahlen Statt finden soll, $dE_m = 0$, so erhalten wir

$$(m+1)^2\cos^2\varepsilon = n^2 - \sin^2\varepsilon$$
$$\sin\varepsilon = \sqrt{\frac{\{(m+1)^2-n^2\}}{m^2+2m}}$$

Setzen wir hier für m der Reihe nach die Werthe 1, 2, 3...., so wird

1) $\sin\varepsilon = \sqrt{\frac{(4-n^2)}{3}}$

2) $\sin\varepsilon = \sqrt{\frac{(9-n^2)}{8}}$

3) $\sin\varepsilon = \sqrt{\frac{16-n^2}{15}}$

4) $\sin\varepsilon = \sqrt{\frac{25-n^2}{24}}$

— — — — — —

Um hieraus den Werth der Einfallswinkel ε zu berechnen, nehme ich für n die von Fraunhofer gegebenen Größen [7]). Darnach erhalten wir

Roth	$n = 1{,}33095$,	$\log n = 0{,}1241617$
Orange	$n = 1{,}33171$,	$\log n = 0{,}1244097$
Gelb	$n = 1{,}33358$,	$\log n = 0{,}1250191$
Grün	$n = 1{,}33585$,	$\log n = 0{,}1257577$
Blau	$n = 1{,}33780$,	$\log n = 0{,}1263912$
Indigo	$n = 1{,}34128$,	$\log n = 0{,}1275193$
Violett	$n = 1{,}34417$,	$\log n = 0{,}1284542$

7) Herschel vom Licht. §. 437.

Digitized by Google

Berechnen wir hieraus für die rothen und violetten Strahlen die Werthe von ε, β und E bis zu vier Reflexionen, so erhalten wir folgende Tafel:

	Roth	Violett
1)	$\varepsilon = 59^\circ\ 31'\ 47''$	$\varepsilon = 58^\circ\ 45'\ 46''$
2)	$\varepsilon = 71.\ 54.\ 31$	$\varepsilon = 71.\ 29.\ 2$
3)	$\varepsilon = 76.\ 53.\ 31$	$\varepsilon = 76.\ 35.\ 24$
4)	$\varepsilon = 79.\ 40.\ 21$	$\varepsilon = 79.\ 25.\ 53$

Hieraus folgt

	Roth	Violett
1)	$\beta = 40^\circ\ 21'\ 33''$	$\beta = 39^\circ\ 30'\ 5''$
2)	$\beta = 45.\ 34.\ 39$	$\beta = 44.\ 51.\ 55$
3)	$\beta = 47.\ 2.\ 5$	$\beta = 46.\ 21.\ 29$
4)	$\beta = 47.\ 39.\ 39$	$\beta = 46.\ 59.\ 54$

Roth	Violett
$E_1 = 42^\circ\ 22'\ 38''$	$E_1 = 40^\circ\ 28'\ 48'$
$E_2 = 129.\ 38.\ 52$	$E_2 = 126.\ 14.\ 26$
$E_3 = 222.\ 29.\ 38$	$E_3 = 217.\ 41.\ 8$
$E_4 = 317.\ 15.\ 48$	$E_4 = 311.\ 7.\ 14$

Die Winkel E, welche die einfallenden und gebrochenen Strahlen mit einander bilden, wachsen also unbestimmt fort. In dem Falle, welchen wir speciell betrachtet haben, schnitten sich die Verlängerungen des einfallenden und des gebrochenen Strahles, und dabei nahmen wir an, der einfallende Strahl treffe den obern Theil der Wasserkugel. Befindet sich das Auge auf derselben Seite der Wasserkugel als die Sonne und ist es tiefer als der Tropfen, so kann es die Strahlen sehen, welche einen Winkel von $42^\circ 23'$ mit dem einfallenden Strahle bilden. Wird der Winkel E größer als 90°, so schneiden sich nicht die Verlängerungen der Strahlen, sondern die Strahlen selbst unter einem Winkel von $180^\circ - 129^\circ\ 38'\ 52'' = 50^\circ\ 21'\ 8''$; der Strahl selbst muß dabei in den untern Theil des Tropfens treten, wenn er zu dem tiefer stehenden Auge gelangen soll. Liegt der Werth von E zwischen 180° und 270°, so durchschneiden sich die Strahlen ebenfalls, aber unter einem stumpfen Winkel; ist er endlich im dritten Quadranten enthalten, so durchschneiden sich die Verlängerungen

Digitized by Google

beider Strahlen unter einem stumpfen Winkel, dadurch erhalten wir folgende Werthe von E

Roth		Violett	
$E_1 =$	42° 22′ 38″	$E_1 =$	40° 28′ 48″
$E_2 =$	50 .21 .8	$E_2 =$	53 .45 .34
$E_3 =$	137. 30. 22	$E_3 =$	142. 18. 52
$E_4 =$	137. 15. 48	$E_4 =$	131. 7. 14

Bezeichnet man hier die Unterschiede zwischen Roth und Violett, also die Breite des Regenbogens, mit Δ_1, Δ_2...., so wird

$$\Delta_1 = +\ 1^\circ\ 53'\ 50''$$
$$\Delta_2 = -\ 3.24.26$$
$$\Delta_3 = -\ 4.48.30$$
$$\Delta_4 = +\ 6.\ 8.\ 34$$

wo das positive Vorzeichen bedeutet, daß das Violett sich unter dem Roth zeigt, während das negative Vorzeichen das Gegentheil bedeutet. Zu jeder dieser Größen müssen wir noch den Durchmesser der Sonne addiren, um die ganze Breite des Regenbogens zu erhalten.

Wir haben bisher nur die Brechung betrachtet, die in Tropfen erfolgt, welche sich in der durch die Sonne und das Auge gelegten Verticalebene befinden. Drehen wir indessen diese Ebene um eine Linie, welche das Auge mit der Sonne verbindet, so lassen sich hier dieselben Schlüsse auf alle Tropfen anwenden, die gegen Auge und Sonne dieselbe Lage haben, bei denen also der Winkel E derselbe ist. Alle Gesichtslinien, welche von dem Auge nach derselben Farbe gezogen werden, liegen also auf einer Kegeloberfläche, deren Axe die vom Auge nach dem Mittelpunkte der Sonne gezogene Linie ist.

Wir wenden uns nach diesen allgemeinen Bemerkungen zu der speciellen Untersuchung der einzelnen Bogen und betrachten hier zunächst den Hauptregenbogen. Es sey H die Höhe der Sonne, α die Höhe des Auges über dem Horizonte, e die Entfernung der Regenwand vom Auge, x die Höhe eines Tropfens über dem Horizonte, ξ der Winkel, welchen die nach diesem Tropfen gezogene Gesichtslinie mit dem Horizonte bildet, so ist

$$\text{tang}\ \xi = \frac{x - \alpha}{e}$$

Digitized by Google

wo der Winkel ξ zwischen 0 und $+90°$ liegt, wenn die Tangente positiv ist, dagegen zwischen 0 und $-90°$ wenn die Tangente negativ ist. Eben so ist

$$H + \xi = E$$

Befindet sich der Beobachter auf einer Ebene, so verschwindet α gegen x und tang ξ wird nun stets positiv. Setzen wir $\xi = 0$, also den obersten Punkt des Bogens im Horizonte liegend, so folgt, daß die Höhe der Sonne höchstens gleich E seyn dürfe, wenn der Bogen erscheinen soll, also höchstens 42° wenn ein Stück des rothen Kreises sichtbar werden soll. Wäre die Höhe der Sonne größer, so würde man keinen Regenbogen auf einer Ebene sehen.

Um die Beschaffenheit der Farben näher kennen zu lernen, wollen wir für diesen ersten Bogen den Werth von E für die verschiedenen einfachen Strahlen berechnen und dabei zugleich auf den Durchmesser der Sonne Rücksicht nehmen. Wir finden darnach

Roth:	$E = 42° 22' 38''$
Orange:	$E = 42. 16. 4$
Gelb:	$E = 41. 59. 42$
Grün:	$E = 41. 39. 54$
Blau:	$E = 41. 23. 6$
Indigo:	$E = 40. 53. 18$
Violett:	$E = 40. 28. 48$

Wäre die Sonne ein leuchtender Punkt, so würden wir für die Mitte des Grün $E = 41° 39' 54''$ finden, und nehmen wir an, daß das grüne Feld in der Mitte zwischen Gelb und Grün einerseits und zwischen Grün und Blau andererseits anfange, so liegen die Werthe von E für die grüne Farbe zwischen 41° 50′ und 41° 31′. Diese Werthe mögen für den einen Endpunkt des Durchmessers der Sonne gelten; für den andern Endpunkt desselben finden wir E zwischen 41° 20′ und 41° 1′ liegend, es werden also hier das grüne und blaue Sonnenbild über einander geschoben, und eben so vermischen sich rothe, orange und gelbe Strahlen des einen Sonnenrandes mit der grünen des andern Randes; wir finden daher nur an den Rändern die prismatischen Farben reiner hervortretend, während die Strahlen von mittlerer Brechbarkeit weniger deutlich erscheinen.

Digitized by Google

Für die Breite dieses ersten Bogens fanden wir vorher 1° 53′ 50″ und wenn dazu der Durchmesser der Sonne addirt wird, verwandelt sich diese Größe in 2° 23′. Jedoch wird hiebei vorausgesetzt, daß alle Strahlen gleich wirksam seyen; werden unter Umständen einzelne Farben in der Atmosphäre absorbirt, so kann der Bogen schmäler werden. Wir haben früher, wo von der blauen Farbe der Atmosphäre die Rede war, die Versuche von Hassenfratz erwähnt, welche zeigten, daß bei niedrigem Stande der Sonne das Blau fast ganz in dem durch ein Prisma gebildeten Spectrum fehlte und daß letzteres eine geringere Breite hatte, als bei hohem Stande der Sonne. Ich habe selbst mehrmals bei Regenbogen, die sich kurz vor dem Untergange der Sonne zeigten eine sehr geringe Breite gefunden und der Bogen erschien roth und wurde auf der äußern Seite von Grün begränzt [8]).

Untersucht man das Licht, welches der Regenbogen uns zusendet, so ist dasselbe sowohl vom ersten als vom zweiten Bogen vollständig polarisirt. Diese Thatsache wurde bereits am 11ten März 1811 von Biot dem Nationalinstitute mitgetheilt [9]) und kurze Zeit überzeugte sich auch Brewster von derselben [10]). Da das Licht unter Winkeln reflectirt wird, welche wenig von denen abweichen, bei denen die Polarisation vollständig erfolgt, so trägt diese Thatsache zur Bestätigung der bisher entwickelten Theorie bei.

Wenn ein Regenbogen mit recht lebhaften Farben gebildet auf eine dunkle Wolke projectirt wird, so erscheint der Himmel über dem ersten Bogen dunkler als unter demselben. Verfolgen wir nämlich den Weg des Lichtes in unserm sphärischen Tropfen, und behalten dabei die Gränzwerthe vor Augen, welche oben gegeben wurden, so erhalten wir keine von der Hinterfläche reflectirten Strahlen von denjenigen Tropfen, welche höher liegen als

8) Aehnliche Thatsachen werden erwähnt in den Mém. de Paris 1708, 109. Gilbert's Ann. LXII, 113. Miscell. Nat. curios. Dec. 2. Ann. 3. 24. (nach Brandes.)

9) Arago in Poggendorff's Ann. XV, 588.

10) Brewster Treatise on new phil. Instr. p. 350 u. Brewster Optics p. 268.

diejenigen, in denen wir das Maximum fanden und welche den hellen Bogen bilden; tiefer liegende Tropfen schicken uns auch von der Hinterseite Strahlen zu, und obgleich diese mehr oder weniger divergiren, so tragen sie doch zur Erzeugung einer unbestimmten Helligkeit unter dem Bogen bei. Die oberhalb des Bogens liegenden Tropfen schicken uns also nur von der Vorderseite reflectirte Strahlen zu, während wir von den unterhalb liegenden Tropfen auch Strahlen von der Rückseite erhalten. Brandes, welchem ich diese Bemerkung zunächst verdanke [11]), fügt hinzu, Cartesius bemerke ganz richtig, daß die äußere Seite des Hauptregenbogens schärfer begränzt sey als die innere und daß der Nebenregenbogen sich an der innern Seite schärfer begränzt zeige, da wir von den Tropfen, welche zwischen beiden Bogen liegen, weder durch einmalige noch durch zweimalige Reflexion Licht von der Hinterfläche bekommen.

Außer dem bisher betrachteten Hauptregenbogen zeigt sich sehr häufig noch ein zweiter, in welchem die Farben in umgekehrter Ordnung liegen. Für diesen fanden wir vorher die Breite 3° 24′, und wenn wir den Durchmesser der Sonne dazu addiren 3° 55′, also fast doppelt so breit als der erste Bogen. Der Abstand beider Regenbogen beträgt

rothe Strahlen:	7° 58′ 30″
violette Strahlen:	13. 16. 46
im Mittel	10. 37. 38

Eben so würde sich noch ein dritter, vierter und folgender Bogen zeigen. Für den dritten Bogen wäre der Werth von E für

rothe Strahlen:	137° 30′ 22″
violette Strahlen:	142. 18. 52

es würde also der Abstand dieses Bogens von der Sonne zwischen den Größen 42° 29′ 38″ und 37° 41′ 8″ liegen; dieser Bogen wird aber bereits von dem vierten berührt. Der Abstand dieses vierten Bogens von der Sonne liegt nämlich zwischen den Gränzen 42° 44′ 12″ und 48° 52′ 46″, wo dann bei Berücksichtigung des Sonnendurchmessers diese Bogen in Berührung stehen. Dieser dritte Regenbogen ist nur selten wahrgenommen worden.

11) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 1324.

Digitized by Google

Ich kenne fast nur die Beobachtungen von Bergmann [12]), welcher ihn einige Male gesehen hat und seinen Abstand von der Sonne zu 42° bestimmt; die Ordnung der Farben war darin dieselbe als im ersten Bogen, doch waren sie sehr matt. Ich habe diesen Bogen nie in Regenwolken wahrgenommen, habe ihn jedoch bei günstiger Stellung und einem lebhaft wirkenden Sonnenschein im Rheinfalle bei Schaffhausen gesehen; doch war es in diesem Falle ein weißlicher Bogen, an welchem sich nur bei großer Aufmerksamkeit eine röthliche Färbung erkennen ließ; die Farben auf der blauen Seite des Spectrums konnte ich nicht unterscheiden, vielleicht deshalb, weil sie sich scheinbar mit dem Blau des heitern Himmels, welcher den Hintergrund bildete, vermischten.

Nach dem, was so eben gesagt wurde, ist die Helligkeit des zweiten Regenbogens weit geringer als die des ersten, und noch mehr gilt dieses vom dritten, weshalb letzterer auch so selten gesehen worden ist. Schmidt hat sich bemüht, eine annähernde Bestimmung der Lichtstärke der verschiedenen Bogen zu geben [13]). Es werde bei einem Einfallswinkel ε die Lichtmenge p zurückgeworfen, während die einfallende Menge als Einheit angesehen wird. Eben so wollen wir annehmen, daß bei einem Reflexionswinkel β im Innern der brechenden Materie die Lichtmenge p zurückgeworfen wird, wenn β und ε durch die Gleichung

$$\sin \varepsilon = n \sin \beta$$

mit einander verbunden sind. In den Regentropfen tritt also die Lichtmenge $1 - p$, der im Innern zurückgeworfene Theil wird $(1 - p)\,p$, also der nach der Reflexion austretende

$$(1 - p)\,p - (1 - p)\,p^2 = (1 - p)^2\,p$$

Wird ein Theil von $(1 - p)\,p$ nochmals reflectirt, so ist die nach zweimaliger Reflexion übrig bleibende Lichtmenge $(1 - p)\,p^2$, folglich der nach der Zurückwerfung austretende Theil

$$(1 - p)\,p^2 - (1 - p)\,p^3 = (1 - p)^2\,p^2$$

Eben

12) Abh. der Schwed. Acad. 1759. S. 234. u. Phys. Beschr. d. Erdk. II, 68. §. 120. Idelser nennt noch eine Beobachtung von Reynier in Gren's Journ. IV, 314. Meteor. veterum p. 189.

13) Analyt. Optik §. 455 folg.

Eben so erhält man für die Lichtmenge, welche nach m maliger Reflexion austritt,

$$(1-p)^2 \cdot p^m$$

Außerdem müssen wir noch, wie Goldschmidt in einer Anmerkung zu dieser Stelle hinzufügt, darauf Rücksicht nehmen, daß die Divergenz der Strahlen bei den durch mehrmalige Reflexion gebildeten Bogen größer wird. Um die hiedurch entstehende Aenderung zu bestimmen, nehmen wir den allgemeinen Ausdruck

$$E_m = 2(m+1)\beta - 2\varepsilon$$

Aendert sich der Einfallswinkel ε um die Größe $d\varepsilon$, so geht E_m über in

$$E_m + \frac{d.E_m}{d\varepsilon} d\varepsilon + \frac{d^2.E_m}{d\varepsilon^2} \cdot \frac{d\varepsilon^2}{2} + \ldots\ldots$$

und da $\frac{dE_m}{d\varepsilon} = 0$, so ist die Aenderung von E_m, also die Divergenz der ausfahrenden Strahlen proportional mit dem zweiten Differentialquotienten. Nun ist

$$\frac{d^2E_m}{d\varepsilon^2} = 2(m+1)\frac{d^2\beta}{d\varepsilon^2}$$

$$\frac{d^2\beta}{d\varepsilon^2} = -\frac{(n^2-1)\sin\varepsilon}{\sqrt{(n^2-\sin^2\varepsilon)^3}}$$

Nun ist allgemein

$$\sin\varepsilon = \sqrt{\frac{(m+1)^2-n^2}{(m+1)^2-1}}$$

und wenn wir diesen Werth substituiren, so wird

$$\frac{d^2\beta}{d\varepsilon^2} = -\frac{\{(m+1)^2-1\}\sqrt{\{(m+1)^2-n^2\}}}{(m+1)^3\sqrt{(n^2-1)}}$$

$$\frac{d^2E_m}{d\varepsilon^2} = -\frac{2\{(m+1)^2-1\}\sqrt{\{(m+1)^2-n^2\}}}{(m+1)^2\sqrt{(n^2-1)}}$$

Insofern also die Lichtstärke blos von der Divergenz der Strahlen abhängt, verhält sie sich umgekehrt wie diese Größe; rechnen wir dazu noch das früher erwähnte Verhältniß, so erhalten wir folgenden allgemeinen Ausdruck für die Helligkeit des mten Regenbogens

$$L_m = \frac{(1-p)^2 \cdot p^m (m+1)^2}{\{(m+1)^2-1\}\sqrt{\{(m+1)^2-n^2\}}}$$

Digitized by Google

Wir erhalten mithin der Reihe nach [14])

$$L_1 = \frac{4(1-p)^2 \cdot p}{3\sqrt{(4-n^2)}}$$

$$L_2 = \frac{9(1-p)^2 \cdot p^2}{8\sqrt{(9-n^2)}}$$

$$L_3 = \frac{16(1-p)^2 \cdot p^3}{15\sqrt{(16-n^2)}}$$

Wir wollen dieses auf die drei ersten Bogen anwenden, indem wir für die mittleren Strahlen $n = 1{,}336$ annehmen und für die Werthe von p die von Bouguer gegebenen Zahlen anwenden [15]). Für den ersten Bogen wird nahe $\varepsilon = 59^\circ\ 8'$ und bei diesem Einfallswinkel ist nahe $p = 0{,}063$

$$L_1 = 0{,}04955.$$

Bei dem zweiten Regenbogen ist $\varepsilon = 71^\circ\ 30'$; bei diesem Einfallswinkel ist nahe $p = 0{,}167$

$$L_2 = 0{,}008105.$$

Bei dem dritten Regenbogen ist $\varepsilon = 76^\circ\ 44'$; dabei ist $p = 0{,}250$, also

$$L_3 = 0{,}002487.$$

Diese Größen beziehen sich auf die Lichtstärke der Sonne; vergleichen wir nur die Bogen unter sich, so ist der erste etwa 6 Mal heller als der zweite und 20 Mal heller als der dritte, es wird dieser daher nur unter günstigen Umständen sichtbar werden, da er sich durch seine Helligkeit nicht auszeichnet; auch muß die Höhe der Sonne größer als 45° seyn, wenn er erscheinen soll, und dann zeigt er sich in der Nähe des Zenithes, wo ihn wenige Beobachter aufsuchen werden, so daß er gewiß häufig übersehen wird, falls er sich auch zeigen sollte.

Bisher haben wir nur das Phänomen so betrachtet, wie es sich gewöhnlich zeigt; hier liegt nämlich bei dem Hauptregenbogen die violette Farbe im Innern des Bogens und die rothe auf der äußern Seite. Man sieht jedoch sehr häufig anomale Wiederholungen dieser Farbe innerhalb des violetten Bogens, deren

14) Durch einen Schreibfehler giebt Goldschmidt die Exponenten von p um eine Einheit zu groß.

15) Bou[illegible] p.

Licht ebenfalls vollständig polarisirt zu seyn scheint[16]). Smith[17]), Klügel[18]) und Brandes[19]) haben verschiedene Beobachtungen dieser Art gesammelt, von denen ich einige mittheilen will.

An den regelmäßigen violetten Bogen schließt sich noch häufig ein zweiter grünlicher und ein zweiter violetter, daran ein dritter grünlicher und ein dritter violetter. In der Regel sind es nur diese beiden Farben, welche mit Lebhaftigkeit hervortreten, jedoch habe ich mehrmals auch ein lebhaftes Roth wahrgenommen. Mehrere Beobachtungen haben indessen eine mehr oder weniger vollständige Wiederholung der sämmtlichen Farben beschrieben. So sah Langwith[20]) einen gewöhnlichen Regenbogen, an welchem das Violett stark geröthet war; darunter war ein grüner Bogen, dessen oberer Theil sich in helles Gelb zog, während der untere dunkler grün war; unter diesen ein purpurfarbener Bogen, der verschiedene Male verschwand und wiederkam, so schnell, daß man die Augen nicht darauf gerichtet lassen konnte. Die Folge der Farben war außer dem gewöhnlichen Bogen folgende: Hellgrün, Dunkelgrün, Purpur; Grün, Purpur; Grün, schwach verschwindend Purpur. Wir haben also hier vier Reihen von Farben und vielleicht den Anfang einer fünften, da das lebhafte Purpurroth wohl nur durch eine Mischung der rothen und violetten Strahlen hervorgebracht wurde. Langwith fügt die von vielen Beobachtern bestätigte Thatsache hinzu, er habe diese innern Farbenreihen nie in den niedrigeren Theilen des Regenbogens beobachtet, obgleich hier die Farben des gewöhnlichen Bogens viel lebhafter waren als die der höheren Theile, unter denen sich die Farben zeigten. Sehr häufig sah Bouguer[21]) diese Wiederholung der Farben in America. Die Farben des zweiten Bogens unter dem ersten sah er in derselben Ordnung als an diesem ersten, auch war das Roth in jenem von dem Violett in diesem wohl abgesondert, so daß also die beiden Bogen deutlicher von

16) Arago in Poggendorff's Annalen XV, 538.

17) Smith Vollständiger Lehrbegriff der Optik S. 244.

18) Priestley Gesch. der Optik S. 328.

19) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 1329.

20) Phil. Trans. 1723, 241. Nr. 375.

21) Mém. de Paris 1757. p. 60.

Digitized by Google

einander getrennt waren, als in dem oben erzählten Falle. Zuweilen glaubte Bouguer noch einen dritten Bogen unter dem ersten zu bemerken. Le Gentil und Fouchy sahen unter dem Violett des gewöhnlichen Bogens einen Raum ohne Farbe, so breit als das Grüne und Blaue dieses Bogens zusammengenommen, und darauf ein lebhaftes Grün, so lebhaft als das Grün des gewöhnlichen Bogens. Zu einer andern Zeit sah le Gentil einen Nebenbogen, welcher von eben so lebhaft blauer Farbe war, als das Blau des gewöhnlichen Bogens. Muncke [22]) sah einen Regenbogen, in welchem sich da, wo das Violett des Hauptbogens matter ward, ein neuer hellerer Bogen anschloß; alle übrigen Farben, bis zum Roth hin, lagen innerhalb, so daß der Regenbogen genau doppelt erschien, nur mit dem Unterschiede, daß dieser untere Bogen nur zwei Drittel von der Breite des Hauptregenbogens und etwas mattere Farben hatte. Am 29sten Julius 1813 sah Brewster [23]) vier Wiederholungen von Grün und Roth, und eben so sah man in Leith am 5ten October 1824 drei Wiederholungen, bei denen sämmtlich die rothe Farbe nach außen lag; roth, gelb, grün und blau ließen sich darin sehr deutlich unterscheiden.

Seltener ist diese Wiederholung an dem zweiten Bogen beobachtet worden, jedoch sah Brewster [24]) auf der Außenseite desselben einen rothen und über demselben einen schwachen grünen Bogen, und eben dieses sah Diquemarre [25]).

Die Erklärung dieser anomalen Farben ist sehr schwierig, und bis jetzt ist die Ursache derselben noch nicht vollständig entwickelt. Zuerst versuchte Pemberton [26]) eine allgemeine Erklärung. Von der Aehnlichkeit der Erscheinung mit den Newtonschen Ringen überrascht, glaubte er, daß auch diese Wiederholung der Farben aus der Theorie der Accesse oder aus der Interferenz der Lichtstrahlen hergeleitet werden müßte. Mit den großen Tropfen

22) Gilbert's Ann. XXIII, 471.

23) Edinb. Journ. of Sc. III, 55.

24) Daf. X, 163.

25) Daf. III, 55.

26) Phil. Trans. 1723, 245. Nr. 375.

Digitized by Google

fielen wahrscheinlich eine Menge kleiner Tröpfchen herab, die auf die regelmäßig reflectirten und gebrochenen Strahlen als dünne Blättchen wirkten und so die Entstehung dieser Farben bezweckten. Indessen wird es hieraus nicht begreiflich, weshalb sich diese Nebenbogen nur an dem obern Theile des Hauptbogens zeigen; denn die Meinung, daß diese Tröpfchen nicht weit herunter kommen, läßt sich nicht auf alle Regenbogen anwenden, da die absolute Höhe der den Bogen bildenden Tropfen bei geringerer relativer Erhebung des Bogens, aber entfernt stehenden Wolken gewiß häufig weit größer ist, als bei den obern Theilen des Bogens in benachbarten Regenwolken. Außerdem macht Brandes [27]) die sehr richtige Bemerkung, es sey kaum glaublich, daß hier eine so große Uebereinstimmung in den Dimensionen der Tropfen vorhanden sey, um die Phänomene der Interferenz erscheinen zu lassen. Er fügt hinzu, eben diese Nothwendigkeit einer strengen Gleichheit scheine gegen Hellwags Meinung, daß Wellen auf der Oberfläche der Tropfen die Veranlassung dazu geben könnten, zu streiten.

Venturi leitet diesen secundären Bogen aus einer nicht ganz vollkommen kugelförmigen Gestalt der Tropfen ab [28]). Indem nämlich der Tropfen herabfällt, findet er in der Atmosphäre einen Widerstand, welcher Ursache wird, daß sein verticaler Durchmesser etwas kleiner wird, als der horizontale [29]). Dadurch wird man die Betrachtung so anstellen können, als ob der Lichtstrahl zwar in eine sphärische Oberfläche bei DBA (Taf. II. Fig. 5.) einfiele, aber auf einer zweiten, nicht demselben Mittelpunkte angehörigen Kugelfläche SX reflectirt würde. Ist C der Mittelpunkt der ersten, Q der der zweiten Kugelfläche, und ACS parallel mit dem einfallenden Strahle JB, so ergiebt sich der Punkt X, wo zwei benachbarte Strahlen nach der Brechung zusammentreffen, auf folgende Art. Der Einfallswinkel sey ACB $= \varphi$, so wird sin CBE $= \mu$ sin φ, bBE $= 90' - \varphi +$ CBE

27) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 1331.

28) Gilbert's Ann. LII, 385. Gehler's Wörterb. N. A. VII, 1331.

29) Eine nähere Beschreibung dieser Gestalt befindet sich in der Abhandlung von Scholz de figura guttae cadentis in aëre resistente. Breslau 1826, eine Abhandlung, die ich jedoch nicht vergleichen konnte.

Digitized by Google

oder $cXE = \Phi - CBE$, und wenn $CA = QX = r$ gesetzt wird, so erhält man für jeden Punkt des gebrochenen Strahles

$$r \sin \Phi - z = (r \cos \Phi + x) \tang (\Phi - CBE)$$

wenn die Abscissen x von C nach a gerechnet werden und die Ordinaten z darauf senkrecht stehen. Um aus dieser allgemeinen Gleichung den Durchschnittspunkt mit dem zunächst benachbarten zu finden, differenziiren wir diese Gleichung und setzen $dx = dz = 0$, dann erhalten wir

$$d \cdot CBE = \frac{\mu d\varphi \cos \varphi}{\cos CBE}$$

und mithin

$$r \cos \Phi = - r \sin \Phi \tang (\Phi - CBE) + \frac{(r \cos \varphi + x)}{\cos^2(\varphi - CBE)} \left(1 - \frac{\mu \cos \varphi}{\cos CBE}\right)$$

$$r \cos \Phi \cos (\Phi - CBE) + r \sin \Phi \sin (\Phi - CBE) = \frac{(x + r \cos \varphi)(\cos CBE - \mu \cos \varphi)}{\cos CBE \cos (\varphi - CBE)}$$

Setzen wir hier für μ seinen Werth $\frac{\sin CBE}{\sin \varphi}$, so wird

$$r \cos CBE = \frac{(x + r \cos \varphi) \tang (\varphi - CBE)}{\sin \varphi \cdot \cos CBE}$$

Wird diese Gleichung mit den ersten zwischen x und z verbunden, so erhalten wir den doppelten Werth

$$x + r \cos \Phi = \frac{r \sin \varphi - z}{\tang (\varphi - CBE)} = \frac{r \sin \varphi \cos^2 CBE}{\tang (\varphi - CBE)}$$

oder $z = r \sin \Phi \sin^2 CBE = r\mu^2 \sin^3 \Phi$

und daraus

$$x = - r \cos \Phi + \frac{r \sin \varphi (1 - \mu^2 \sin^2 \varphi)}{\tang (\varphi - CBE)} = - r \cos \Phi + \frac{r \sin \varphi \cos^2 CBE}{\tang (\varphi - CBE)}$$

Für einen bestimmten Werth von Φ erhält man also beide Coordinaten des Durchschnittspunktes X zweier benachbarten Strahlen,

Digitized by Google

und da die reflectirten Strahlen von diesem Punkte eben so divergirend ausgehen, wie sie convergirend dahin gelangten, so nimmt Venturi an, daß sie bei R hervorgehend eben so wirksame Strahlen geben, wie es bei der in einer Kugel reflectirten der Fall ist. Es kommt also alles darauf an, das Verhältniß zwischen dem verticalen und horizontalen Halbmesser zu bestimmen. Nehmen wir an, die Krümmungen der vordern und hintern Fläche seyen einander gleich und sehen wir den verticalen Halbmesser als Einheit an, so ergiebt sich nach Venturi folgende Tafel für den Winkel, welchen der einfache und gebrochene Strahl bei dem hier betrachteten Maximo einschließen.

Horizontaler Durchmesser	Winkel des einfallenden und gebrochenen Strahles
2,00	42°
2,10	32
2,20	24
2,30	17
2,40	12
2,50	8
2,75	5
3,00	4
3,25	3

Venturi stellte mehrere Versuche mit Wassermassen an, denen er eine beliebige Gestalt gab, und überzeugte sich dadurch von der Richtigkeit dieser Rechnung.

Wenn wir also den horizontalen Durchschnitt eines solchen Tropfens nehmen, so ist dieser eine Ellipse, deren kleine Axe vertical liegt, und dadurch erhalten wir einen Bogen, dessen Halbmesser kleiner ist, als beim ersten Hauptregenbogen. Wenn demnach gleichzeitig vollkommene sphärische und etwas abgeplattete Tropfen fallen, so bilden jene den Hauptregenbogen, letztere dagegen bilden den secundären Bogen im Innern; sind die Tropfen sehr ungleich in ihren Dimensionen, so können verschiedene Grade der Abplattung vorhanden seyn und es kann nun eine mehrfache Wiederholung Statt finden. Doch ist es stets nur der verticale Queerschnitt des Tropfens, in welchem diese Wiederholung Statt findet; der horizontale Queerschnitt bleibt stets ein Kreis, und für Strahlen, welche in dem letztern gebrochen werden und dann zum

Digitized by Google

Auge gelangen, fehlt aller Grund zur Hervorbringung eines andern als des Hauptregenbogens. Bei niedrigem Stande der Sonne tritt für die der Erde nahen Theile des Regenbogens der Fall ein, daß der Querschnitt, in welchem die Brechung erfolgt, horizontal ist, und da muß also in den abgeplatteten Tropfen einerlei Ablenkung des Strahles bewirkt werden und folglich hier die Wiederholung der Farben fehlen.

Unter den verschiedenen Ansichten, welche über diese Wiederholung der Farben aufgestellt worden sind, scheint mir allerdings die eben entwickelte Hypothese am meisten der Natur zu entsprechen. Ich habe diese Wiederholung hauptsächlich bei großtropfigem Regen beobachtet; nie sah ich sie schöner als im August 1833 in der Nähe von Bern, wo sich einzelne dunkle Wolken auf reinem Himmel befanden [30]) und aus denen es in großen Tropfen regnete; längere Zeit betrachteten wir, Herr Professor Trechsel in Bern und ich, die Schönheit und Lebhaftigkeit der wiederholten Farben. In einem Falle dieser Art haben vielleicht die Tropfen schon in derselben Horizontalschicht ungleiche Dimensionen und mithin eine verschiedene Abplattung, oder es sind diese Dimensionen doch in den obern und untern Regionen ungleich, und so können dadurch verschiedene Bogen gebildet werden. Dagegen tritt bei dieser Erklärung der Uebelstand ein, daß die secundären Bogen sich an dem untern Theile nicht allmählig an den Hauptbogen anschließen, wie es diese Betrachtung fordert, sondern allmählig schwächer werden und endlich ganz verschwinden, ein Umstand, auf welchen bereits Brandes aufmerksam gemacht hat [31]).

Durch diesen Einwurf namentlich wurde Brandes bewogen, späterhin wieder eine Ansicht auszusprechen, welche er früher gegeben [32]), darauf aber verlassen hatte. Wenn der Himmel mit dünnen Wolken bedeckt ist, so sehen wir häufig Lichtkränze um die Sonne; die Farben dieser Kränze sind oft sehr glänzend, und Grün und Violett treten darin vorzugsweise hervor. Die Strah-

30) Es wehte damals die schwarze Bise der Schweizer, ein kalter Nordwind, welcher eine schnelle Condensation bewirkte.

31) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 1333.

32) Gilbert's Ann. XIX, 484 u. Gehler's Wörterb. a. a. O.

Digitized by Google

len, welche unserm Auge diese Höfe zeigen, fallen auch auf die Regentropfen, und ein Punkt des grünen Hofes sollte einen grünen Regenbogen, ein Punkt des violetten Hofes einen violetten Regenbogen u. s. w. hervorbringen. Denken wir nun zuerst nur an Punkte des Hofes, welche gerade über der Sonne stehen, so würden diese einen innern Regenbogen hervorbringen und diesen vorzüglich nur durch die stärker brechbaren Strahlen, Grün, Blau und Violet, weil der rothe und gelbe Bogen auf den Hauptbogen fallen und dadurch unkenntlich werden. Betrachten wir ferner die unter der Sonne stehenden Theile des Ringes, so sollten diese einen Nebenbogen oberhalb des Hauptbogens hervorbringen; aber dieser Nebenbogen erscheint erstlich in Beziehung auf das Grün, Blau, Violett nicht, weil diese Farben noch auf den Hauptbogen fallen würden, und zweitens auch in Beziehung auf das Roth nicht, weil nach der Ordnung, welche die Farben in den Lichtkränzen beobachten, der aus dem grünen oder violetten Lichtkranze hervorgehende und oberhalb des Hauptkranzes liegende Nebenbogen sich mit dem rothen verbindet, so daß keine Farbe kenntlich bleibt. So kann an der obern Seite des Regenbogens kein Nebenbogen entstehen, weil hier die den verschiedenen Farben des Hofes entsprechenden Nebenbogen auf einander fallen, wogegen sie an der innern Seite stärker getrennt erscheinen. Diese Betrachtung, fährt Brandes fort, scheint einiges Vertrauen für diese Erklärung zu erwecken, aber es bleiben dennoch Schwierigkeiten übrig, die theils in der Schwäche jener Höfe, theils in dem Umstande liegen, daß die Nebenbogen nur am höhern Theile des Bogens liegen. — Was mich betrifft, so halte ich es allerdings für möglich, daß auf diese Art eine Wiederholung der Farben Statt finden könne, ob aber stets dieser Vorgang Statt finde, scheint mir doch etwas zweifelhaft; ich habe wenigstens einige Male diese Wiederholung der Farben wahrgenommen, wo die Sonne mit großer Intensität und in ungeschwächter Stärke auf die Regentropfen schien, indem sich zwischen ihr und meinem Zenith keine Spur von Wolken zeigte, so daß es wenig wahrscheinlich war, daß hier die Strahlen eines Lichtkranzes Ursache des Phänomenes waren.

Aus der Theorie, welche wir eben für die Entstehung des Regenbogens gegeben haben, folgt, daß wir in allen Fällen den

ersten Regenbogen sehen, wo die von der hintern Fläche eines Tropfens reflectirten Strahlen mit dem einfallenden einen Winkel von etwa 41° bilden. Wenn demnach der Boden von einer Menge von Tropfen bedeckt ist, wie dieses z. B. der Fall ist am Morgen nach einem starken Thau oder nach einem heftigen Regen, so erscheint hier häufig ein eben solcher Bogen. Erwägen wir aber, daß die Linien, welche wir von unserm Auge nach den einzelnen Sonnenbildern ziehen, die Oberfläche eines Kegels einschließen, und daß die Tropfen, welche auf dem Boden liegen, sich in einer den Kegel durchschneidenden Ebene befinden, so folgt, daß die Gestalt des Regenbogens ein Kegelschnitt seyn müsse; ob wir hier aber eine Parabel, Ellipse oder Hyperbel finden, hängt von der Höhe der Sonne und der Neigung der Fläche, auf der sich die Tropfen befinden, gegen die einfallenden Strahlen und die Stellung des Auges ab. In diese Klasse von Bogen gehören auch diejenigen, welche sich in Mühlgerinnen oder Wasserfällen zeigen.

Wenn das Sonnenbild von der Oberfläche ruhig stehenden Wassers auf eine Regenwolke reflectirt wird, so kann dieses reflectirte Sonnenbild einen Regenbogen erzeugen. Da hier zwei Sonnen, von denen die eine eben so tief unter dem Horizonte steht, als die andere darüber liegt, ihre Strahlen auf die Wolken werfen, so werden sich die beiden Bogen dergestalt zeigen, daß jedesmal der Winkel zwischen dem einfallenden und gebrochenen Strahle 41° beträgt; die Art, wie sich diese Bogen durchschneiden, hängt von der Höhe der Sonne ab. Zuweilen bilden sowohl die Sonne als ihr reflectirtes Bild zwei Bogen und dann sieht man vier Regenbogen [33]).

Zu dieser Klasse von Bogen scheint auch derjenige zu gehören, welcher sich nach den Erfahrungen von Bouguer, Scoresby und mir dann zeigt, wenn der Schatten des Beobachters auf eine Wolke fällt [34]). Die Hauptschwierigkeit

33) Beispiele dieser Art in Gehler's Wörterb. N. A. VII, 1328. Phil. Trans. 1698, 193. 1793, 1. Mém. de Paris 1744. p. 43. Gilbert's Ann. LXII, 124. Poggendorff's Ann. IV, 111. Baumgartner's Zeitschrift III, 201.

34) S. oben S. 108 u. 109.

jedoch bei der Anwendung der Theorie des Regenbogens auf dieses Phänomen liegt in der Abweichung der Dimensionen von denen, welche sich zeigen sollten. Sowohl Scoresby als Bouguer fanden kleinere Durchmesser, und nur in einem Falle habe ich sehr nahe dieselbe Größe gefunden, welche die Theorie des Regenbogens fordert. Ich glaube jedoch, daß die wichtigste Ursache dieser Abweichung in der Schwierigkeit liegt, die Dimensionen dieses Ringes scharf zu nehmen; in der Regel ist es eine sehr schlecht begränzte Lichtmasse, bei deren Messung man sich mehr oder weniger irren kann. Brandes hält es für möglich [35]), daß dieser Ring vielleicht durch Brechung in Eiskügelchen entstehen könnte, was mit der früher mitgetheilten Ansicht von Bouguer, wonach sich das Phänomen in Wolken zeigt, welche Eistheilchen enthalten, zeigen soll; indessen abgesehen davon, daß das Eis aller Wahrscheinlichkeit nach nicht in der Gestalt von kleinen Kugeln krystallisirt, und daß demnach die ganze Ableitung aus solchen Körpern nicht möglich ist, habe ich das Phänomen bei Temperaturen wahrgenommen, welche den Gefrierpunkt überstiegen und bei denen es also wenig wahrscheinlich war, daß die Brechung in festem Wasser erfolgen könnte.

Mit wenigen Worten will ich noch der zu verschiedenen Zeiten über die Entstehung des Regenbogens aufgestellten Ansichten gedenken. Die Farben, welche derselbe zeigt, sind so schön, und der Beobachter, welcher einen vollkommen ausgebildeten Bogen sieht, wird von der Pracht der Farben so überrascht, daß wir uns nicht wundern dürfen, wenn ungebildete Völker das Phänomen als ein unmittelbares Zeichen der Gottheit ansahen. So war bei Homer Iris die Botin der Götter, und ähnliche Vorstellungen finden wir bei den Urbewohnern von Nordamerica. Nirgends aber finden wir diese Vorstellung so schön ausgedrückt, als in der Genesis. Nach der Sündfluth sah Noah den Regenbogen als ein Zeichen an, daß die Gottheit versöhnt sey. Mögen wir annehmen, daß Moses hier eine wirklich vorgefallene Thatsache erzählte, oder mögen wir in dem Ganzen nur einen orientalischen Mythus finden, so bleibt doch so viel gewiß, daß sich wenige Länder so sehr zur Ausbildung einer solchen Vorstellung eignen,

35) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 1329.

Digitized by Google

als Aegypten oder die Umgegenden des Ararat. Ich habe bereits bei Untersuchung der Hydrometeore erwähnt, daß es in Persien, Aegypten und Mesopotamien selten regnet; die Möglichkeit zur Entstehung eines Regenbogens ist folglich nicht oft gegeben. Fällt aber der Regen wirklich herab, so schließt sich die Formation der Wolken in ihrer Ausbildung den Erscheinungen an, welche wir zwischen den Wendekreisen erkennen, es regnet nämlich zur Zeit der größten Tageswärme, dann hat die Sonne einen so hohen Stand, daß der Regenbogen nicht erscheint. Nur in höchst seltenen Fällen wird letzterer sichtbar werden, und so begünstigt die Seltenheit des Phänomenes in Verbindung mit seiner Schönheit die Annahme einer solchen Vorstellung.

Was Römer und Griechen über die Entstehung des Regenbogens gedacht haben, ist von Ideler mit Fleiß zusammengestellt [36]), jedoch ist dasselbe wenig von Bedeutung, sie wußten indessen bereits, daß zur Zeit des Mittags im Sommer kein Regenbogen entstehen könne. Nach den Untersuchungen von Venturi wurden wichtigere Ansichten über den Weg, welchen die Lichtstrahlen nach der Reflexion und Brechung in den Regentropfen befolgen, zuerst von dem Deutschen Theodorich aus Freiburg um das Jahr 1311 ausgesprochen [37]). Er betrachtete ausführlich den ersten und zweiten Regenbogen. Er nimmt dazu vier Strahlen an, den rothen, gelben, grünen und blauen,

---

36) Ideler Meteorol. Graec. et Rom. 8. Berlin 1832. p. 187.

37) Da mir fast alle älteren Schriften über Optik fehlen, so folge ich in dieser historischen Darstellung vorzüglich Priestley und Brandes. Nach Letzterm fand Venturi eine Nachricht von den Schriften dieses Theodorich in einem Buche über die Schriftsteller aus dem Orden der Predigermönche und erhielt dann aus der Bibliothek zu Basel ein Manuscript des Buches de radialibus impressionibus et de iride. Ein zweites Manuscript findet sich auf der Universitäts-Bibliothek in Leipzig, welches nicht lange nach der Zeit geschrieben zu seyn scheint, welche Venturi angiebt; eine undeutliche Zahl auf dem Titel scheint 1341 zu heißen. Das letztere ist jedoch nicht ganz vollständig, indem da, wo die ausgeführte Theorie des Hauptregenbogens folgt, mehrere Blätter fehlen. Aber die Folge der Kapitel ist so, wie sie Venturi angiebt. Brandes fügt hinzu, er könne aus eigner Ansicht des Buches die völlige Bestätigung geben, daß Theodorich die wahre Theorie des Regenbogens gefunden habe.

Digitized by Google

und giebt eine Zeichnung, in welcher die Art, wie diese Strahlen verschieden einfallen müssen, um in der Ordnung zu erscheinen, wie wir sie sehen, dargestellt wird. Er drückt sich über die Hauptumstände der Erscheinung, daß der Strahl beim Eintritte in den Tropfen gegen das Perpendikel zu gebrochen werde, dann an der Hinterseite, nach den Gesetzen der Reflexion unter gleichem Einfalls- und Reflexionswinkel zurückgeworfen und beim Hervortreten aus dem Tropfen vom Perpendikel abwärts gebrochen werde, ganz genau aus. Eben so erklärt er den zweiten Regenbogen genau und vollständig. Seine Figuren zeigen, daß er sehr wohl wußte, daß der den äußern Regenbogen gebende Strahl an der untern Seite des Tropfens eintreten und an dem obern Theile hervorgehen müsse; er bemerkt ausdrücklich, daß der von der Sonne kommende und der vom Tropfen zum Auge gehende Strahl sich durchkreuzen müsse, kurz seine Erklärung ist so vollständig, als man es für eine Zeit erwarten kann, die nicht mit den Kenntnissen ausgestattet war, welche Cartesius besaß.

Gewöhnlich wird angenommen, daß Antonio de Dominis, nachheriger Bischof zu Spalatro, um das Jahr 1590, wo er in Brixen die Philosophie und Mathematik lehrte, die Bahn der Strahlen beim Regenbogen nachgewiesen habe [38]). Ueber den Werth seiner Untersuchungen, bei denen er nach Venturi und Brandes wahrscheinlich die eben erwähnte Abhandlung von Theodorich benutzte, finde ich bei verschiedenen Schriftstellern sehr abweichende Ansichten; da ich das Buch nicht vergleichen konnte, so genüge es, hier zwei sich widersprechende Berichte mitzutheilen. Newton nämlich sagt in seiner Optik [39]), daß bereits mehrere von den Alten daran gedacht hätten, den Regenbogen aus einer Brechung der Strahlen in Regen-

38) Nach Scheibel bei Priestley Gesch. der Optik S. 47 führt seine Schrift den Titel: De radiis visus et lucis in vitris perspectivis et Iride. Tractatus Marci Antonii de Dominis. Per Joannem Bartolum in lucem editus. Venetiis 1611 in 4.

39) Optice Lib. I. pars II. prop. IX. pag. 121. Auch Kästner hat die Schrift nicht verglichen, sondern beruft sich theils auf die hier erwähnte Stelle von Newton, theils auf die Bemerkungen von Priestley Gesch. der Mathem. II, 251.

Digitized by Google

tropfen abzuleiten: Inter recentiores autem plenius id invenit uberiusque explicavit Antonius de Dominis Archiepiscopus Spalatensis, in libro suo de *radiis visus et lucis* . . . . In eo enim libro ostendit vir celeberrimus, quemadmodum arcus interior; binis refractionibus radiorum Solis, singulisque reflexionibus inter binas istas refractiones intervenientibus, in rotundis pluviae guttis effingatur; exterior autem arcus, binis refractionibus, binisque itidem reflexionibus interjectis, in similibus aquae guttis efficiatur. Suamque is explicandi rationem experimentis comprobavit, in phiala aquae plena et globis vitreis aquae plenis, in Sole collocatis; quo duorum arcuum istorum colores, in illis se exhiberent contemplandos. Eben dieſes ſagt Montucla in ſeiner Geſchichte der Mathematik, Prieſtley aber fügt hinzu [40]), er wiſſe nicht, woher Montucla dieſe Nachricht habe, da er nichts davon in dem Buche habe finden können, obgleich er es ziemlich aufmerkſam durchgeſehen habe; er glaube daher, daß Carteſius der erſte ſey, der dieſen Verſuch mit Glaskugeln angeſtellt habe. Letzteres iſt auch die Anſicht von Biot; nachdem er nämlich die obige Behauptung Newton's angeführt hat, fährt er fort [41]): Probablement il n'avoit point lu par lui-même l'ouvrage de Dominis: car il auroit vû, que ce prélat, après avoir vaguement conçu que l'arc-en-ciel pouvoit être produit par réfraction dans les gouttes d'eau, n'a point cherché à confirmer cette idée par les expériences dont parle Newton, et la manière dont il expose la formation de ce météore n'a aucun rapport avec la vérité. C'est réellement à Descartes, et à Descartes seul, que ces expériences appartiennent. Wer hier Recht haben möge, kann ich nicht entſcheiden.

Wie es ſich aber hiemit auch verhalten möge, ſo viel iſt gewiß, daß Carteſius den Gegenſtand weit ſorgfältiger unterſuchte, als alle ſeine Vorgänger [42]), wobei es ihm vorzüglich zu Statten kam, daß er das nach ihm benannte Geſetz des Snellius über die Relation zwiſchen Einfalls- und Brechungswinkel be-

40) Prieſtley Geſch. der Optik S. 43.

41) Biot Traité de physique III, 468.

42) Cartesii Specimina philosophiae. 4. Francf. ad Moen. 1692. p. 175. Es iſt das 8te Kapitel ſeiner Meteorologie.

Digitized by Google

nutzen konnte. Er zeigte auf eine sehr einleuchtende Art, wie der Strahl gebrochen werde, und stellte die nöthigen Versuche in kugelförmigen mit Wasser gefüllten Gefäßen an, welche den ersten und zweiten Regenbogen geben. War nun gleich dadurch die Bahn der Lichtstrahlen nachgewiesen, so blieb doch immer die Entstehung der Farben dunkel; erst Newton konnte nach Entdeckung der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen diesen Gegenstand gründlich entwickeln. Und so war die ganze Theorie vollendet. Was spätere Geometer, unter denen besonders Halley [43]), Bernoulli [44]) und in neueren Zeiten Brandes und Ed. Schmidt genannt zu werden verdienen, für diese Lehre gethan haben, bezieht sich mehr auf die Eleganz und Allgemeinheit der analytischen Entwickelungen, als auf wesentliche Theile der Theorie.

---

43) Phil. Trans. 1700. p. 714.

44) Jacob Bernoulli I, 35.

Neunter Abschnitt.

Problematische Erscheinungen.

Wir haben bisher diejenigen Phänomene betrachtet, welche sich vorzugsweise in der Atmosphäre beobachten lassen; wir haben die Temperatur und die aus der ungleichen Wärmevertheilung hervorgehenden Zustände des Gleichgewichtes und der Bewegung nicht bloß in Betreff der permanenten Gase, sondern auch des Wasserdampfes verfolgt und die verschiedenen Modificationen betrachtet, welche die Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange durch die Luft erleiden. Es bleiben uns noch einige problematische Erscheinungen übrig, welche sich theils momentan, theils längere Zeit hindurch zeigen, und über welche wir in diesem Abschnitte die wichtigsten Resultate der Beobachtungen mittheilen wollen. Diese Erscheinungen sind vorzugsweise die folgenden:

1) Rothe oder gelbe Beimengungen des Regenwassers.
2) Höherauch.
3) Sternschnuppen.
4) Meteorsteine.

1) Rothe oder gelbe Beimengungen des Wassers.

In älteren Schriftstellern, namentlich in den Chroniken des Mittelalters, finden wir sehr viele Nachrichten von Blutregen; es zeigten sich entweder auf dem Boden oder in stehenden Gewässern blutrothe Flecken, aus denen dann der Aberglaube mancherlei Vorbedeutungen für die Zukunft herleitete. Was die blutrothe Färbung stehender Gewässer betrifft, so gehört die ganze Untersuchung nicht in das Gebiet der Meteorologie, da es erwiesen ist, daß sie von Thieren oder Pflanzen herrühren. Einige Thatsachen indessen, welche Ehrenberg in seiner trefflichen Abhand-

handlung über diesen Gegenstand mittheilt [1]), zeigen so sehr die falschen Folgerungen von Unkundigen bei dem Erscheinen ähnlicher Phänomene, daß es mir zweckmäßig scheint, dieselben hier mitzutheilen, um so mehr, da die Geschichte der Meteorologie eine Menge ähnlicher Beispiele zeigt, wo der Grundsatz quia post hoc ergo propter hoc fälschlich angewendet wurde.

Als im Jahre 1608 zu Aix in Frankreich ein Blutregen das Volk sehr aufregte und die Geistlichkeit diese Aufregung beförderte, bemühte sich zuerst Peiresc die Ursache der Erscheinung aufzusuchen, und fand, daß Schmetterlinge, welche gerade zu jener Zeit in unerhörter Menge vorhanden waren, nach dem Ausschlüpfen aus der Puppenhülse einige Tropfen eines rothen Saftes fahren ließen, welcher jene blutartigen Flecken verursachte. Da man diese Flecken auch an bedeckten, keinem Regen, aber wohl den Schmetterlingen zugänglichen Orten nachwies, so blieb damals kein Zweifel über die richtige Auffassung und Erklärung des Phänomenes, und eine Vergleichung ähnlicher früherer Nachrichten gab das befriedigende Resultat, daß auch diese in der diese Erklärung begünstigenden Jahreszeit vorgekommen waren.

Indessen nicht immer hat die rothe Färbung der Gewässer diesen Ursprung. So sah Swammerdam [2]) in der Mitte des 17ten Jahrhunderts bei Vincennes blutrothes Wasser, welches diese Färbung von zahllosen, rothen Wasserflöhen (Daphnia pulex) erhielt, eine Thatsache, welche auch Schuyl bei Leyden beobachtet hatte. Aehnliche von Thieren herrührende Färbungen wurden auch von Linné und Andern beobachtet, doch waren die Thiere nicht immer dieselben.

In andern Fällen rührte die Färbung von Pflanzen her. So untersuchte Persoon die auf feuchtem Erdreich öfters vorkommende, dem geronnenen Blute ganz ähnliche Materie, und fand, daß sie in die Pilzgattung Telephora gehöre, weshalb er

1) Poggendorff's Annalen XVIII, 477. Ich folge bei der Darstellung dieses Gegenstandes vorzüglich dieser Abhandlung, so wie der von Nees v. Esenbeck in Rob. Brown's vermischten botanischen Schriften Bd. I. und Schweigger's Jahrb. N. R. XIV, 450.

2) Bibel der Natur S. 40. nach Ehrenberg.

sie Telephora sanguinea nannte, während sie von Fries zu Phylacteria crustacea gezogen und von Agardh späterhin als Alge unter dem Namen Palmella cruenta beschrieben wurde. Im Spätherbst des Jahres 1815 zeigte sich im See bei Lubotin in Südpreußen eine rothe Färbung; Klaproth ließ sich etwas von dem Wasser schicken und seine Analyse zeigte die Gegenwart eines vegetabilischen Stoffes. Im Jahre 1825 zeigten sich auf dem Murten-See in der Schweiz blutrothe Flecke; de Candolle erkannte die färbende Substanz für eine noch unbeschriebene Art Oscillatoria, welche der Oscillatoria subfusca von Vaucher sehr ähnlich ist und welche er Osc. rubescens nannte. Eine chemische Analyse von Colladon-Martin und Macaire-Prinsep zeigt darin eine färbende rothe, harzige Materie (wahrscheinlich Chlorophyll), eine große Menge Gallerte und einige erdige Salze, Eisenoxyd u. s. w.

Ehrenberg hat eine solche Färbung des Wassers in verschiedenen Gegenden der Erde gesehen und die Ursache davon sorgfältig untersucht [3]). In Cairo sah er im Winter am Boden 4 bis 6 Zoll große Flecke verschiedener Form, welche große Aehnlichkeit mit vergossenem Blute hatten. Eine mikroskopische Untersuchung zeigte, daß die Pflanze, welche zu dieser Färbung Veranlassung gab, nicht Palmella (Telephora) sanguinea war, sondern sich von dieser dadurch unterschied, daß ihr das Peridium fehlte, sie also noch gallertartiger erschien. Er nennt sie *Sarcoderma sanguineum* und giebt als Charakter dieser Gattung an: Thallus gelatinosus rugulosus granulis discretis repletus nec fibris nec epidermide (peridio) instructus.

Eine andere Pilzgattung, welche sich häufig am feuchten Ufer da zeigt, wo Riccia glauca wächst, giebt dem Boden eine mehr zinnoberrothe als blutrothe Farbe. Sie hat Aehnlichkeit mit Vaucheria granulata Lyngby, V. radicata Agardh, aber enthält innerlich nicht eine einfache körnige Flüssigkeit, sondern in der mit Wurzeln versehenen zinnoberrothen Blase befinden sich kleine freie Kugeln, welche eine Mehrzahl Sporen in sich führen. Ehrenberg nennt sie Geocharis nilotica. In andern

3) Poggendorff's Ann. XVIII, 503.

Fällen war das stehende Wasser nach der Milschwelle von Sphaeroplea annulina Agardh roth gefärbt.

Eine ausgezeichnet blutige Röthung bemerkte Ehrenberg im December 1823 und Januar 1824 bei Tor am rothen Meere. In dem Wasser befanden sich Flocken aus kleinen, spindelförmigen oder länglichen, selten mehr als eine Linie großen unregelmäßigen Bündeln von Oscillatorienfäden, welche in eine gallertartige Scheide eingeschlossen waren. Genauere Untersuchungen zeigten eine neue Algen-Gattung, welche Ehrenberg Tridochesmium erithraeum nannte und deren Gattungscharakter folgender ist: Fila septata fasciculata nec oscillantia, fasciculi discreti muco involuti sociales libere natantes.

Auch in Sibirien sah Ehrenberg im Sommer des Jahres 1829 in der Platowskischen Steppe zwischen Barnaul und dem Kolywanschen See eine dunkel blutrothe Färbung des Wassers in einem Sumpfe, welche sich besonders am Ufer durch große Dunkelheit auszeichnete; an einigen Stellen bildete die Färbung sogar eine rothe Gallerte, weil das Wasser ganz zu verdunsten anfing und den Schleim allein auf dem Schlamme zurückließ. Genauere Untersuchungen zeigten als Ursache der Färbung Infusorien, welche der Cercaria viridis Müller's ähnlich waren und welches Ehrenberg Astasia haemotodes nannte.

Ich habe diese Thatsachen hauptsächlich in der Absicht mitgetheilt, um zu zeigen, auf welche verschiedene Art rothe Färbungen des Wassers entstehen können und wie vorsichtig man bei Folgerungen aus nicht hinreichend genau beobachteten Thatsachen seyn müsse. Mehrmals indessen sind rothe Wasser gleichzeitig mit dem Regen herabgefallen. So fiel am 17ten Januar auf den Bergen von Piacenza der Schnee anfänglich weiß, nach einigen Blitzen und Donnerschlägen erschien er plötzlich roth [4]). Eben so kam am 14ten März 1813 und in der vorhergehenden Nacht bei Arezzo in Toscana und Tolmezzo im Friaul, so wie bei Idria zwei bis drei Finger hoch rother Schnee, während in Calabrien und Abruzzo aus einer rothen von SO kommenden Wolke rother Regen und

4) Schweigger's Jahrb. N. R. XIV, 459. Chladni über Feuer-Meteore S. 377. Man findet hier von S. 359 an mehrere ältere Ereignisse dieser Art erzählt.

Staub herabkamen [5]); am 3ten Mai 1821 fiel in Gießen ein rother Regen [6]); eben dieses geschah am 2ten November 1819 Abends zu Blankenburg und Bixmude in Flandern [7]).

Die Substanz, welche nach dem Schmelzen des am 14ten März 1813 bei Idria gefallenen Schnees zurückblieb, hatte eine röthlich gelbe Farbe und ungemeine Zartheit, dennoch knirschte sie zwischen den Zähnen, und mittelst der Loupe zeigten sich darin weiße Schüppchen, die wie Glimmer aussahen. Wasser, mit welchem man sie schüttelte, wurde schleimig und opalisirend, gleich als wenn es Eiweiß in Suspension enthielte und gab nach dem Verdampfen einen gummiartigen Rückstand, der sich auf Kohlen schwärzte und brenzlich roch. Nach einer Analyse von Vauquelin enthielt der Staub [8])

Kieselerde	36,75 Procent
Alaunerde	11,75
Kohlensauren Kalk	17,50
Eisenoxyd	6,25
Titan	3,75
Organische Materie	24,00

Also auch hier finden wir eine große Menge organischer Substanz. Dagegen bei dem in Flandern herabgefallenen Regen scheint salzsaurer Kobalt Ursache der Färbung gewesen zu seyn, wie dieses wenigstens aus einer Analyse von Meyer und Stoop hervorgeht [9]).

Sehr viel Aufsehen erregte in neueren Zeiten die rothe Farbe, welche der Schnee zuweilen besitzt. Schon Cotte [10]) theilte mehrere ältere Erfahrungen mit, wo der Schnee nicht die gewöhnliche

---

5) Das. S. 459. Chladni a. a. O.

6) Das. S. 465.

7) Tilloch's Phil. Mag. Jan. 1820. Vol. LV. p. 77.

8) Poggendorff's Annalen XV, 384. aus den Ann. de chimie XXXIX, 438. Sementini untersuchte diesen Staub ebenfalls und fand darin 33 Theile Kieselerde, 15,5 Thonerde, 11,25 Kalkerde, 1 Chrom, 14,5 Eisen, 9 Theile Kohlensäure und einen Verlust von 15 Theilen. Chladni über Feuer-Meteore S. 378.

9) Tilloch's phil. Magaz. LV, 231.

10) Cotte Mém. sur la Meteor. I, 300.

weiße oder bei durchgegangenem Lichte bläulich grüne Farbe besaß, sondern wo derselbe mehr oder weniger geröthet war. So theilte Boyle der Königlichen Societät zu London Nachricht über einen rothen Schnee mit, welcher am 19ten März 1678 auf den Longgebirgen den weißen Schnee überdeckte [11]); eben so bemerkte ein Edelmann im obern Vivarais im December 1775 in seinem Garten, besonders aber in den Sümpfen, hier und dort Blutflecke; als am 7ten Januar 1774 sein Garten mit Schnee bedeckt war, so fand er viele ähnliche Flecke auf dem Schnee, welche mehrere Linien tief unter seine Oberfläche drangen. Genaueren Untersuchungen zufolge schienen es die Excremente kleiner Vögel zu seyn, welche die mit einem rothen Safte erfüllten Beeren der Phytolacca decandra L. gegessen hatten, die in seinem Garten stand [12]).

Aehnliche Thatsachen wurden auch von andern Beobachtern erzählt. Schon früher hatte Martens auf Spitzbergen rothen Schnee gefunden, von welchem er glaubte, daß er durch das von den Felsen herabkommende Regenwasser gefärbt worden sey [13]); eben so fand Saussure denselben auf den Alpen [14]), so wie Ramond in den Pyrenäen im Frühlinge bei starkem Thauwetter in einer Meereshöhe von 2000 bis 2400 Metern [15]). Die Naturforscher wurden indessen auf diesen Gegenstand erst aufmerksamer, als Roß im Jahre 1818 in der Baffinsbai in 75° 54′ N. und 67° 15′ W. (Greenw.) große Mengen von rothem Schnee gefunden hatte [16]). Der Schnee, welcher die hier am Meere liegenden Klippen bedeckte, hatte eine dunkle Karminfarbe; an einigen Stellen war er bis zu einer Tiefe von 10 bis 12 Fuß von dem färbenden Stoffe durchdrungen; diese Klippen dehnten sich 8 (englische) Meilen weit aus, hinter ihnen sah man in beträchtlicher Ferne hohe mit ungefärbtem Schnee bedeckte Gebirge. Auch Frank-

11) Phil. Trans. 1678. Nr. 139 bei Gotte a. a. O.

12) Journ. de phys. 1774. T. III. p. 128 bei Gotte a. a. O.

13) Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 97. Adelung Geschichte der Schifffahrten und Versuche zur Entdeckung des nordöstlichen Weges nach Japan und China. 4. Halle 1768. S. 333.

14) Saussure Reisen III, 52. §. 646.

15) Schweigger's Jahrb. N. R. XIV, 450.

16) Ross Entdeckungsreise S. 75.

Digitized by Google

lin fand an der Nordküste Amerika's, westlich von der Mündung des Mackenzieflusses, im Sommer den Schnee mit rothen Flecken bedeckt [17]).

In den Alpen, wo die Erscheinung in neueren Zeiten sorgfältiger verfolgt ist [18]), zeigt sich dieser rothe Schnee immer an denselben Stellen, am Fuß mit Schnee bedeckter Abhänge, sowohl auf der Süd- als Nordseite, die Färbung dringt hier nicht so weit ein, als dieses Roß in den Polargegenden bemerkte, wenigstens sagen Sauſſure und Charpentier ausdrücklich, daß sie nur bis zu einer Tiefe von 2 bis 3, höchstens 8 Zoll reiche [19]). Fällt später darauf anderer Schnee, so wird letzterer nicht gefärbt. Nie findet er sich da, wo nicht der Schnee in so ansehnlichen Massen liegt, daß er erst im Laufe des Sommers geschmolzen wird. Nach heftigen Süd- und Südwestwinden kommt er am häufigsten zum Vorschein, selten aber vor der Mitte des Junius. Am lebhaftesten zeigt sich die Farbe in den kleinen Rinnen, welche das Wasser des schmelzenden Schnees bildet und diese Bemerkung von Biſelx [20]) wird auch durch die Erfahrungen von Sauſſüre bestätigt, denen zufolge die Färbung stets in der Mitte am schönsten ist, während die Ränder solcher Stellen matt sind. Nach Hugi, welcher auf seinen Gletscherwanderungen fast täglich über weite Strecken rosigen Schnees wanderte, erscheint diese Färbung in der Regel nur von der Firnlinie [21]) bis zu 1000 Fuß über derselben, bei 9000 Fuß fand er sie nicht mehr [22]). Nie

17) Franklin zweite Reise S. 147.

18) Mein ehemaliger Schüler Oswald Heer aus Matt (Cant. Glarus) hat auf seinen Excursionen in den Glarner und Bündner Alpen dieses Phänomen genau untersucht; er theilte im Jahre 1832 der zu Genf versammelten Gesellschaft der Schweizer Naturforscher eine ausführliche Abhandlung über dasselbe mit, die jedoch, soviel mir bekannt ist, noch nicht gedruckt ist.

19) Sauſſure Reisen III, 54. Charpentier bei Chladni Feuer-Meteore S. 387.

20) Aus der Biblioth. univ. Decbr 1819 in Schweigger's Jahrb. N. R. XIV, 450.

21) Ueber die Bedeutung der Ausdrücke Firn und Firnlinie s. Bd. II. S. 162.

22) Sauſſure a. a. O. giebt als größte Höhe 1400t an.

Digitized by Google

erscheint sie nach ihm im Glätscher und nie im Schnee, sondern stets im Firn und am liebsten an solchen sonnigen Abhängen, wo der Schnee sich rasch in Firn verwandelt [23]), während Viselz sagt, man habe auch Glätscher, obwohl selten, auf diese Art gefärbt gesehen.

Wird dieser Schnee geschmolzen, so erscheint der Bodensatz unter dem Mikroskop in der Gestalt sehr kleiner runder Körnchen von dunkelrother Farbe, auf einigen von Roß untersuchten Körnern zeigte sich ein kleiner dunkler Fleck. Die Offiziere hielten die Masse für ein vegetabilisches Product [24]), was auch schon Saussure angenommen hatte [25]). Verschiedene Botaniker haben das Pflänzchen, welches Ursache dieser Färbung ist, zu bestimmen gesucht; die Unterschiede in diesen Bestimmungen mögen zum Theil davon herrühren, daß es nicht allenthalben dasselbe ist.

Peschier, Prévost und De Candolle fanden bei 400facher Vergrößerung, die rothe Farbe des vom St. Bernhard gebrachten Schnees rühre von der Gegenwart kleiner sphärischer, lebhaft gerötheter Kügelchen, welche von einer gelatinösen, durchsichtigen, leicht gelblich gefärbten Haut umgeben waren, daß sie sich scheinbar zuweilen in Reihen geordnet fänden, welche Fasern bildeten, und daß sie mit kleinen Fragmenten von Moos und Staub, die sich von den Felsen abgelöst hätten, vermischt wären. Der Niederschlag war vollkommen übereinstimmend mit dem von Roß mitgebrachten. De Candolle sieht das Pflänzchen als eine den Ulven und dem Nostoc verwandte Alge an [26]). Auch Robert Brown rechnet diese Kügelchen den niedrigsten Algenformen zu, und eben dieser Ansicht sind mehrere andere Botaniker. So ist Fries [27]) der Meinung, daß sie zu einer unter die Algae Nostocinae Agardh gehörigen Gattung, welche er Chlorococcum nennt, gerechnet werden müssen; Agardh [28]) erklärte sie ebenfalls für eine Alge der niedrigsten Bildung und nannte sie

23) Hugi naturhist. Alpenreise S. 372.
24) Ross Entdeckungsreise S. 75.
25) Saussure Reisen III, 56.
26) Bibl. univ. Octbr 1824, daraus Schweigger's Jahrb. N. R. XIV, 438.
27) Kongl. Vetensk. Acad. Nya Handl. 1823. p. 62.
28) Nova Acta Acad. Caes. Leop. Carol. XII, 2.

Digitized by Google

Protococcus kermesinus oder P. nivalis. Die beiden zuletzt genannten Naturforscher halten sie für identisch mit der Flechtenform Lepraria kermesina Wrangel, welche an vielen Stellen Schwedens, besonders in Westgothland, den kahlen Fels überzieht und deshalb nicht mit Bauer und Andern den Pilzen zugerechnet werden könne [29]), weil sie nach der Art ihres Vorkommens nicht aus dem Untergange einer frühern, höhern Organisation hervorgegangen seyn könne. Andere für diese Pflanze vorgeschlagene Namen sind Palmella nivalis Hooker und Sphaerella nivalis Sommerfeldt [30]).

Hugi hat bei seinen Glätscherwanderungen auf das Vorkommen so wie auf das Leben dieser Pflanze vielfach geachtet; er giebt die Resultate seiner Beobachtungen mit folgenden Worten: „Bei ihrem Aufkeimen entdeckt man im Firne eine äußerst zarte und schwach durchscheinende Karminfarbe; und wenn man sich auf den Firn legt und über seine Fläche blickt, entdeckt man nichts. Alles ist noch unter der obersten Fläche des Firnes. Bei ihrer höchsten Blüthe prangt dann die ganze Firnfläche in lebhaftem Hochrothe, das zwischen Karmin und Zinnober steht. Später trübt sich die Farbe und geht endlich in Schwarz über, das sich in den Firn einsenkt und oft strichweise selben durchfurcht. Wenn ich die Pflanze in ihrer ersten Periode genauer untersuchte, so fand ich im Queerschnitte etwa $1\frac{1}{2}$ Linie unter der Fläche des Firnes gleichsam ein äußerst zartes, rothes Stämmchen, das, nach unten verjüngt, zwischen zwei Firnkörner sich herabsenkte, ohne sich zu verzweigen. Ueber diesen zwei Körnern lag dann das Korn, welches zur Oberfläche gehörte. Das Stämmchen theilte sich gerade unter diesem Korn Yförmig in zwei Aeste, die es, ebenfalls

29) Bauer nannte sie Uredo nivalis. Schweigger's Jahrb. N. R. XIV, 443 nach Quarterly Journal VII, 222 und Ann. de Chimie XII, 8.

30) Ehrenberg in Poggend. Ann. XVIII, 493. In Murray's Encyclopaedia of Geography (8. London 1834), für welche Hooker die pflanzengeographischen Abschnitte bearbeitete, nennt er die Pflanze auf S. 290 Palmella nivalis, dagegen auf S. 1311, wo er ihr Erscheinen in den Polargegenden ausführlicher betrachtet, Protococcus nivalis.

Digitized by Google

verjüngt, um das Korn herum nach der freien Luft zu drängen suchte. Sehr selten nur konnte ich drei Zweige entdecken. Andere Verzweigungen fand ich nie. Unter der Loupe entdeckte ich äußerst zarte, arterienartige Zäserchen, die selbst den Körnern sich einzusenken schienen und dem Pflänzchen das Ansehen vom Zerfließen in die Firnmasse gaben. Alles war so zart, daß nur die so ausgezeichnet rothe Farbe es möglich machte, das Individuum zu unterscheiden. Wenn ich eine Masse dieses rothen Firnes aushob und in einem Gefäße schmolz, so war das Pflänzchen vor dem Eiskorne verflossen und am Ende hatte ich das Gefäß mit hochrothem Wasser angefüllt, das, durch Löschpapier filtrirt, auch nicht den geringsten Rückstand zeigte. Erst drei Wochen nach meiner Heimkunft klärte das Wasser sich ab, indem eine rothe, gallertartige Masse sich auf den Grund setzte, die im Wasser erst nach 4 bis 5 Monaten zu schwarzer Dammerde wurde. — Untersuchte ich die Entwickelung dieses Gebildes näher, so fand ich, daß jene zwei Aestchen sich bald zwischen den Körnern durch an die freie Luft drängten. Nun fand ich auch mit freiem Auge auf jedem Aestchen ein sehr bestimmtes Korn, das unter der Loupe unförmlich warzig sich zeigte, die Karminfarbe verloren und dagegen eine hellbraune angenommen hatte. Wenn ich nach dem Schmelzen dieser Masse das Wasser filtrirte, so war das Filtrum mit diesen Körnern angefüllt. Das Durchgeflossene verhielt sich wie das eben Angeführte. Die Körner waren bei meiner Rückkunft in Fäulniß übergegangen. Dieses Aufkeimen und Blühen dauerte nur wenige Tage und dann zerfällt diese sonderbare Pflanzenform in schwarze Masse, die das Gewand des Firnes trübt und in selbes sich einnagt." [31]).

Mehrere dieser Bemerkungen weichen mehr oder weniger von demjenigen ab, was andere Beobachter gesehen haben. Ich rechne dahin besonders die sehr schnelle Zersetzung und Verwandlung der Pflanze in Dammerde, von welcher Andere das Gegentheil gefunden haben. Ja Ehrenberg folgert daraus, daß Agardh die Pflanze 5 Jahre lang unverändert in Schneewasser erhalten konnte, daß dieses sehr gegen die Algenform spreche und mehr dafür zeuge, daß es Körper sind, welche dem Elemente der

31) Hugi naturhist. Alpenreise S. 373.

Algen nicht angehören, da sie sich in ihm nicht entwickeln. Sie gehört nach seiner Ansicht den Flechten oder den Pilzen an. Die Einfachheit der Structur stellt ihren Platz bei den Pilzen fest, und warum man sie nicht Lepraria nivalis nennen und mit allen andern selbstständigen Formen der thallusloſen Gattung Pulveraria und den einfacheren der Gattung Lepraria zu den Pilzen stellen möchte, ist kein Grund vorhanden [32]).

Gewiß ist soviel, daß wir diese Pflanze weder als einen Luftorganismus, noch als ein durch die generatio primitiva erzeugtes Produkt ansehen dürfen, wie dieses alle in neueren Zeiten über den letztern Gegenstand gesammelten Erfahrungen und namentlich die trefflichen Untersuchungen Ehrenberg's über die Infusionsthiere beweisen. Ob aber dieses Gewächs ursprünglich auf dem Schnee entsteht oder ob es von Felsen dahin geführt wird, wage ich nicht zu bestimmen. Für die letztere Ansicht scheint nicht blos das bereits erwähnte häufige Vorkommen der Lepraria kermesina Wrangel auf den Gebirgen Schwedens, sondern auch die Beobachtung Ramond's zu sprechen, daß sich beim Entstehen aller kleinen Schneebäche in den Pyrenäen Glimmerblättchen von sehr hochrother Färbung und im Zustande der Zersetzung zeigen, wobei sie sich in eine rothe gallertartige Masse verwandeln. Auch die Erfahrungen auf Parry's zweiter Reise, wo die Steinfragmente und Moose einen dünnen rothen, gallertartigen Ueberzug hatten, scheinen dafür zu sprechen, daß die Pflanze nicht ursprünglich auf dem Schnee wachse; indem sie hier aber ein zu ihrem Gedeihen günstiges Element findet, breitet sie sich wahrscheinlich mit Schnelligkeit aus, denn sonst könnten wir uns nur mit Mühe die ungeheure Menge rothen Schnees erklären, welche Parry auf seiner dritten Reise auf den schwimmenden Eisfeldern des atlantischen Meeres antraf [33]).

Andere Beobachter glauben den rothen Schnee von animalischen Stoffen herleiten zu dürfen: so sieht namentlich Scoresby den Koth der blaufüßigen Möwe, welche sich von Krabben nährt und in manchen Gegenden des grönländischen Meeres in großer

32) Poggendorff's Ann. XVIII, 494.

33) Hooker in Marray's Encycl. of Geogr. S. 1311.

Digitized by Google

Menge angetroffen wird, als Ursache der Färbung an [34]). Nachdem er indessen den von Roß mitgebrachten Bodensatz untersucht hatte, überzeugte er sich, daß dieser von Pflanzen herrühre und von dem orangefarbenen Schnee verschieden sey, welchen er auf Eis- und Schneemassen in der Nähe des Meeres gesehen hatte. Letztere Farbe rührt von Infusionsthierchen her, welche im Meere leben und so klein sind, daß seiner Berechnung nach gegen 13000 Individuen in einem Tropfen vorkommen; er hält diese Thiere mit Beröe globulosa Lamark nahe verwandt und glaubt, daß sie durch den Wellenschlag über das Eis geführt werden [35]).

Bereits Sauſſure hatte den von ihm gefundenen Schnee einer chemischen Prüfung unterworfen und daraus gefolgert, daß die Färbung von einem vegetabilischen Körper herrühre [36]). In der Folge unternahm Wallaſton eine Analyse des von Roß mitgebrachten Bodensatzes und glaubte, daß die Färbung der an sich farblosen und durchsichtigen Bläschen von einer darin enthaltenen öligen Flüssigkeit herrühre, welche sich in Weingeist, aber nicht in Wasser auflöst. Der trockenen Destillation unterworfen gab die Masse ein stinkendes Oel und Ammonium; da jedoch der letztere Bestandtheil auch in einigen Tangen enthalten ist, so folgt daraus keineswegs ein animalischer Ursprung, wie mehrere Naturforscher anzunehmen geneigt waren. In der Asche fanden sich Eisen, Kiesel- und Talkerde [37]), und eben dieses zeigten auch die Versuche von Grouvelle [38]). Späterhin untersuchte Peſchier den rothen Schnee vom St. Bernhard, welchen ihn der Prior Biſelx mitgetheilt hatte, und fand in vier verschiedenen Portionen folgende Bestandtheile:

Kieselerde	53,55	66,50	20,00	5,21
Eisenoxyd	12,27	21,35	31,25	52,08
Thonerde	6,61	6,35	4,25	. . .

34) Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 97.

35) Jameson's Edinb. New Philos. Journ. Octbr 1828. p. 54. Ann. des Sciences nat. Junius 1829. p. 218.

36) Sauſſure Reisen III, 56.

37) Roſs Entdeckungsreise S. 154.

38) Schweigger's Jahrb. N. R. XIV, 455.

Digitized by Google

Kalk	0,38	. . .	0,50	0,84
Harz	12,08	. . . . .		
Unlöslichen organischen Stoff	8,50	. . .	87,50	42,37
Löslichen organischen Stoff	6,61	6,80	6,50	

Nach dieser Analyse glaubt Pechier annehmen zu dürfen, daß die rothe Farbe hauptsächlich vom beigemischten Eisenoxyd herrühre. — Späterhin untersuchte Steinmann in Prag und Ficinus in Dresden den Schnee, welchen Thomas in der Gegend von Bex im Waadtlande gesammelt hatte und fanden darin

organische Stoffe, theils in Alkohol, theils in Aetzammoniak löslich, theils in diesem und im Wasser unauflöslich.
Eisenoxyd
Manganoxyd
Kieselerde
Thonerde
Kalk

Außerdem fand Steinmann etwas Schwefel- oder Schwefelsäure, Ficinus eine Spur von Talkerde.

Sämmtliche Thatsachen beweisen mithin, daß die rothe Farbe des Schnees im Allgemeinen von Pflanzen herrührt, welche sich entweder auf dem Schnee ursprünglich aus dem Saamen entwickeln, oder daß sie von den Felsen dahin geführt werden und weiter gedeihen. Wir wenden uns zu einem analogen Phänomene, nämlich dem

Schwefelregen.

In älteren so wie in neueren Zeiten ist öfter die Behauptung aufgestellt worden, daß mit dem Regen zugleich Schwefel, meistens in der Gestalt von Schwefelblumen, herabgefallen sey. Man fand nämlich nach heftigem Regen, daß die Gewässer mit einem feinen gelben Staube bedeckt seyen, welcher leicht angezündet werden könne und aus der letztern Ursache für Schwefel gehalten wurde: eine Ansicht die auch noch jetzt häufig angenommen wird, wie z. B. bei dem Schwefelregen, welcher sich am 2ten und 3ten Mai 1834 in Rödelheim bei Frankfurt am Main er-

Digitized by Google

eignete [39]). Jedoch bemerkte bereits Scheuchzer, daß die gelbe Materie, welche am 19ten April 1677 und am 19ten Mai 1653 in der Gegend von Zürich auf den Gewässern gefunden wurde, kein Schwefel gewesen sey, denn als „sie angezündet wurde, gab sie einen Geruch von sich, als der sogenannte Wurmsaamen, der in dem alten wurmstichigen Holze gefunden wird; ließ auch eine Kohle zurück, welches von dem Schwefel nicht kann gesaget werden" [40]).

Obgleich es möglich ist, daß in der Nähe von Vulkanen Schwefel sublimirt werde, welcher längere Zeit in der Luft schwebend späterhin mit dem Regenwasser herunterfällt, so gilt dieses doch nicht für die Gegenden, welche in großer Entfernung von den Feuerbergen liegen. Es ist vielmehr der Blüthenstaub mehrerer Gewächse, welcher hier zu der Entstehung des Phänomenes Veranlassung giebt, wie dieses alle unbefangenen Beobachter gezeigt haben, deren Erfahrungen Göppert [41]) gesammelt hat. Indem ich den Arbeiten dieses umsichtigen Beobachters folge, will ich zuerst einige Thatsachen und sodann die Erklärung derselben mittheilen.

Wolff [42]), welcher das Phänomen zu Altenburg im Jahre 1670 und darauf in den Jahren 1679 und 1681 im Mai beobachtete, führt noch einige ältere Fälle dieser Art an, welche sich 1597 zu Stralsund, 1621 in Leipzig und 1629 in Wittenberg, jedesmal im Monat Mai ereigneten. Etwas Aehnliches geschah 1658 im Mannsfeldischen nach Spangenberg [43]), 1690 im Junius zu Cassel nach J. Doläus [44]), und in demselben Jahre und Monate in der Gegend von Halle nach Dreyhaupt [45]), 1721 im Braunschweigischen nach Siegesbeck [46]), 1731 in

---

39) Preußische Staatszeitung 1834. Nr. 129.

40) Naturhist. des Schweizerlandes III, 15.

41) Poggendorff's Ann. XXI, 572. Muncke in Gehler's Wörterb. N. A. VII, 1229.

42) Misc. cur. sive Ephem. medic. phys. Decur. II. Anni VII. Norimb. 1689. p. 67.

43) Chronic. Mannsfed. I, 395.

44) Dolaeus Appendix ad encyclop. chir. p. m. 122. Observ. 21.

45) Chronik des Saalkreises I, 619.

Digitized by Google

der Gegend von Celle nach Berger [47]), zu Chemnitz nach Meurer [48]), zu Freiberg nach Möller [49]), zu Pirna nach Schmieder [50]), am 24. Mai 1801 zu Rastadt [51]), am 24. Mai 1804 zu Copenhagen nach Wiborg und Rafn [52]), am 18. Junius 1815 in Petersburg [53]), am 8. und 13. Mai 1823 bei Crailsheim im Würtembergischen nach Schübler [54]), und eben so hat Göppert das Phänomen in Schlesien häufig wahrgenommen [55]).

Es scheint, als ob J. S. Elsholtz der erste gewesen sey, welcher den wahren Grund des Phänomens angab [56]), indem er die gelbe Materie, die man zuweilen nach dem Platzregen finde, für den Saamen von Lycopodium clavatum (Hexenmehl) hielt; jedoch bemerkt er, daß auch Fichten, Haselnüsse und andere Gewächse durch ihren Blüthenstaub Veranlassung dazu geben könnten. Scheuchzer leitet die Erscheinung besonders von den Roth-Tannen her [57]), und eben dieses ist auch die Ansicht von

46) Nova literaria Anni 1684.

47) Dessen Versuche in der Natur S. 110.

48) Meteorologie p. 280 u. 298.

49) Annal. Friberg. H. 1.

50) Ephem. Acad. nat. cur. Nürnb. 1715. p. 187.

51) Voigt's Magazin III, 595.

52) Das. VIII, 54. Gilber's Ann. XVIII, 337.

53) Gilbert's Ann. LIII, 389.

54) Schweigger's Jahrb. N. R. XI, 86.

55) Poggendorff's Ann. XXI, 578.

56) Miscell. curiosa med. - phys. anni 1676. Frankf. 1688. p. 119.

57) Scheuchzer macht S. 16 noch besonders darauf aufmerksam, daß dieser Saamenstaub sehr weit fliege, „wie dann auch von unterschiedenlichen Personen gewahret worden, daß, nachdem etliche Tag der Wind in die Thannen-Wäld, so wol in den Ebenen als auf den Bergen gewehet, ein Staub gleich einem Nebel daraus sich begeben, der sich hin und her zerstreut; welches nichts anders gewesen, als dieser reine Zeug oder gelbes Mehl: wie dann auch dannzumalen die Wiesen und Bäch an unterschiedenlichen Orthen von diesem gelben Staub entfärbt worden; und diejenigen Personen, welche sich in den Wäldern aufgehalten, auf ihren Kleyderen also von diesem Zeug besprenget worden, daß sie danahen ganz gelb ausgesehen."

Digitized by Google

J. Wolff. Besonders hat aber Schmieder das Phänomen verfolgt, und gezeigt, daß der Schwefelregen, welcher sich in verschiedenen Monaten der wärmern Jahreszeit zeigt, nicht in allen Fällen von derselben Pflanze hergeleitet werden könne. Er glaubt, daß derselbe im März oder April vom Erlen- und Haselnußstrauch, im Mai und Junius von den Fichtenarten, vom Wachholder und der Birke, im Julius, August und September vom Lycopodium clavatum, Typha angustifolia und Equisetum herrühren. Waren Teiche nach heftigen Regengüssen mit jenem gelben Pulver überdeckt, so befanden sich jene Pflanzen stets in der Nähe in Blüthe. In Wäldern zeigte sich stets die größte Menge dieses sogenannten Schwefels an Stellen, die dem Strich des Windes ausgesetzt waren. Eben so überzeugten sich die Mitglieder der Pariser Akademie, daß der sogenannte Schwefel, welcher am 19ten April 1761 zu Bordeaux während eines heftigen Sturmes und Regens herabfiel und den Boden zwei Linien hoch bedeckte, Blüthenstaub von Pinus-Arten war [58]), und eben dieses fand auch Schübler bei dem vorher erwähnten Schwefelregen am 8. und 13. Mai 1823.

Die gründlichste Untersuchung dieses Gegenstandes ist diejenige, welche von Wiborg und Rafn angestellt wurde. Sie beschreiben das Resultat mit folgenden Worten: „In der Nacht vom 24sten auf den 25sten Mai 1804 fiel vom schwarz bewölkten Himmel auf einer Strecke von wenigstens zwei Meilen um Copenhagen ein sogenannter vegetabilischer Schwefelregen; die Wolke, welche diesen Regen brachte, kam aus Südost, und die Tropfen waren sehr groß und gelb. Des Morgens sah man überall, wo das Regenwasser zusammengelaufen war, an den Rändern ein gelbes Pulver schwimmen, und auf der Mitte des Wassers eine gefleckte Haut. Die Festungsgräben waren an mehreren Orten gleichsam mit einem gelben Teppich überzogen. Auch auf der Erde fand man dieses gelbe Pulver, vorzüglich an Stellen, wo der Regen kleine Bäche gebildet hatte, die mehr oder weniger ausgetrocknet waren. Dieses Pulver gesammelt und getrocknet, hatte, unter dem Mikroskope und durch chemische Reagentien untersucht, alle Eigenschaften des sogenannten Hexenmehles (Sem.

58) Poggendorff's Ann. XXI, 576.

Lycopodii), des vegetabilischen Schwefels der Alten. Auf Wasser gestreut, erhielt es den hineingetauchten Finger trocken, in ein brennendes Licht oder auf glühendes Eisen geblasen, entflammte es sich und verbrannte ohne allen Geruch nach schwefliger Säure. Auch war es weder zu verdampfen, noch zu schmelzen, noch wie der Schwefel zu entzünden, war unauflöslich in Weingeist, gab mit Kali kein Schwefelkali und färbte sich in Schwefelsäure braun wie das Hexenmehl. Höchst wahrscheinlich ist dieser Schwefelregen dadurch entstanden, daß die Wolke, welche ihn brachte, vermittelst einer Wasserhose, die über einen blühenden Buchen- oder Tannenwald zog, aus demselben Blüthenstaub erhielt, der sich mit den Dünsten der Atmosphäre vermischte und mit den aus ihnen gebildeten Regentropfen herabfiel. Man will wirklich am 24sten Mai Abends über Waldbye, einem Dorfe eine halbe Meile von Copenhagen, eine Wasserhose gesehen haben."

Von einem eigentlichen Schwefelregen ist bisher keine einzige zuverlässige Angabe bekannt geworden, denn die wenigen von Chladni angeführten Beispiele dieser Art sind nach Göppert's Bemerkung sehr zu bezweifeln.

Getreideregen.

Nicht selten hat man nach heftigem Regen Körper gefunden, welche in ihrem äußern Bau eine entfernte Aehnlichkeit mit Getreidekörnern hatten, eben so wie letztere größtentheils aus Stärkemehl zusammengesetzt waren, und man nahm daher an, daß es Getreide geregnet habe. Indessen ist schon in früheren Zeiten behauptet worden, daß diese Massen weder Getreidekörner, noch vom Himmel herabgefallene Körper seyen. Göppert hat die Erzählungen dieser Art fleißig gesammelt und nicht blos die Art des Vorkommens, sondern auch die Beschaffenheit der sogenannten Getreidekörner nachgewiesen [59]). Das Folgende ist ein Auszug dieser Abhandlung.

Im

59) Poggendorff's Ann. XXI, 550. Die Schrift von L. C. Treviranus über gewisse in Westpreußen und Schlesien angeblich mit einem Gewitterregen gefallene Saamenkörner. 8. Breslau 1823. konnte ich nicht erhalten.

Digitized by Google

Im Junius 1830 fand man zu Greisau, einem Dorfe im Neißer Kreise in Schlesien, nach einem Gewitterregen eine Anzahl vegetabilischer Körperchen von verschiedener Gestalt in ungemeiner Menge auf grasigen Stellen. Diese Körperchen waren äußerlich gelblich braun, innerhalb weißlich hornartig durchscheinend, von verschiedener Gestalt und Größe, rundlich, obgleich niemals vollkommen rund, selten cylindrisch, meist länglich, aber auch kegelförmig, ziemlich gerade, nur an dem verdünnten Ende etwas gebogen, von 2 bis 8 Linien Länge und 1 bis 2 Linien Durchmesser. Der Geschmack derselben war mehlig, schwach süßlich, späterhin etwas schärflich, so daß eine Zeitlang noch ein kratzender Nachgeschmack zurückblieb. Schnell getrocknet verlor sich dieser schärflich kratzende Geschmack und machte einem mandelähnlichen Platz. Aehnliche Körper fand man am 30. Junius zu Mittenwalde nach einem heftigen Gewitter selbst in den Straßen der Stadt; eben so am 5ten Julius zu Kronstadt bei Habelschwerdt nach einem Gewitter auf abgemähten Wiesen, so wie auf der zum Bleichen ausgebreiteten Leinwand.

Göppert, Günther, Nees von Esenbeck und andere Botaniker, welche diese Körper sahen, erklärten sie für die Wurzeln von Ranunculus Ficaria L., welcher fast allenthalben in Schlesien in großer Menge vorkommt. In der Mitte des Junius sind Blätter und Stengel dieser Frühlingspflanze ganz verwelkt und es bleibt von ihr nichts übrig als die Wurzel, welche aus mehreren, gewöhnlich 6 bis 20 Knöllchen besteht, welche an der Stelle, aus welcher der Stengel entspringt, an einem sehr schwachen Wurzelstocke befestigt sind. Nach heftigem Regen werden diese Wurzeln fortgeschwemmt, die Knollen leicht von dem Wurzelstocke getrennt, und so gelangen letztere leicht an Stellen, wo man sonst vielleicht gar keine Vegetation findet, weshalb Unkundige leicht auf die Idee eines atmosphärischen Ursprungs kommen können. Zu Greisau hatte man nach den Bemerkungen des Wegezolleinnehmers Strauch die Körper nur an solchen Orten gefunden, wo entweder jene Pflanze vorkommt, oder wohin sie durch Ueberschwemmung gelangen konnte. Und eben dieses gilt auch nach den Mittheilungen des Landrathes von Prittwitz für die in Mittenwalde gefundenen Körper, denn Niemand hatte sie dort aus der Luft fallen sehen, vielmehr lagen sie dort nur an solchen Stellen in Menge, wohin sie durch Wasser geführt werden

konnten. Die Identität dieser angeblichen Getreidekörner mit den Wurzeln von Ranunculus Ficaria L. aber wird dadurch außer allem Zweifel gesetzt, daß Göppert mehrere Körner in die Erde legte, worauf sich bald die junge Pflanze entwickelte.

An diese Erzählung knüpft Göppert einige andere Thatsachen, welche sich an verschiedenen Orten in früheren Zeiten ereignet hatten. So fiel im Jahre 1736 zwischen Teschen und Troppau Getreide herab, welches schon damals für die Wurzelknolle der eben erwähnten Pflanze gehalten wurde [60]). Im Jahre 1803 fand man in Oberösterreich nach einem Regen Körner, welche v. Jacquin ebenfalls für die Wurzelknollen von Ranunculus Ficaria hielt, er fügt hinzu, die Erscheinung habe sich schon dort schon mehrmals ereignet, weshalb man die Pflanze auch Erdgerste zu nennen pflege [61]) und eben diese Wurzeln waren auch die sogenannten Getreidekörner, welche im Julius 1805 in verschiedenen Gegenden Schlesiens gefallen waren [62]). Vielleicht ist dieses der Erbsenregen [63]), von welchem Willdenow glaubte, daß es der Saame von Melampyrum arvense sey, während Heim, Schrader und Klaproth die Identität mit den Wurzeln von Ranunculus Ficaria erkannten.

In manchen Fällen mögen diese sogenannten Getreidekörner von andern Pflanzen herrühren; so fand ein Förster in der Gegend von Kronstadt bei Habelschwerdt am 12ten August 1829 während eines Regens auf einigen Fußsteigen viele Körner, welche nach der Untersuchung von Göppert mit dem Saamen von Melampyrum nemorosum übereinstimmten [64]).

Im Jahre 1822 fand man in verschiedenen Gegenden Körper, welche von den oben beschriebenen abwichen [65]). So am 17ten Julius nach einem Gewitter in der Nähe von Brieg auf

60) Gelehrte Neuigkeiten Schlesiens für 1736. S. 397 bei Göppert S. 557.

61) Gilbert's Ann. XVIII, 336.

62) Schlesisches Provinzialblatt, August 1805. S. 175 bei Göppert a. a. O. S. 559.

63) Gilbert's Ann. XXI, 126.

64) Poggendorff's Ann. XXI, 561.

65) Treviranus in der angeführten Schrift bei Göppert S. 564.

Digitized by Google

einem schmalen, fast eine halbe Meile langen Strich Landes und zwar auf gebauten Aeckern; eben so am 26sten Julius in der Gegend von Hohenfriedeberg bei einem Hagelwetter. Auch in der Gegend von Marienwerder in Westpreußen fand man nach einem Gewitterregen am 13ten Julius Körner. Eben so erschien nach den Mittheilungen von Eysenhart bei dem Gute Kletzewko im Stuhmschen Kreise eine schwarze Gewitterwolke, bei deren Annäherung auf dem Felde dieses Gutes mit einigem Hagel auch unbekannte Körner fielen, welche die Landleute zu kochen versuchten, aber solche eben so wenig für Menschen als für Vieh genießbar fanden. Desgleichen hatte man in der Nähe von Posen am Ende Mais nach einem Regen auf einer Wiese Saamen gefunden. Nach den Untersuchungen von Treviranus stimmten alle diese Körper unter sich überein. Die Größe derselben war die eines Hirsekornes oder etwas darüber, rundlich oval; dabei waren sie auf der äußern Seite sehr erhaben und diese Außenseite mit der Queere nach ziemlich parallel laufenden Kugeln versehen. Die andere Seite dagegen hatte ein rundes Loch, welches etwa bis zum halben Durchmesser einging und worin sich die Ueberreste eines früher hier vorhandenen Nabelstranges befanden. Die Farbe des ganzen Saamens war ein schmutziges Gelb, etwa wie roher Kaffee, und zugleich zeigte er sich stark durchscheinend, so daß man die Lage des Embryo in der erhabenen Seite schon ohne Zergliederung bemerken konnte. Treviranus hielt diese Saamen anfänglich für die von Galium spurium, Eysenhart für die von Convolvulus arvensis, aber nach dem Keimen entwickelte sich Veronica hederaefolia, welche in ganz Deutschland in großer Menge auf den Aeckern wächst. Der Saame dieser im April blühenden Pflanze hat seine Reife im Junius und Julius erreicht, und so wurde er wahrscheinlich von dem heftigen Regen aus den Saamenkapseln herausgeschlagen, während das vertrocknete Kraut fortgeführt wurde. Eben dieser Saame wurde nach Treviranus schon in früheren Zeiten mehrmals nach heftigem Regen gefunden und für ein Produkt der Atmosphäre gehalten. So zu Brieg am Ende Junius 1696, in der Gegend von Breslau am 3ten August 1696, und zu Rothenburg an der Tauber 1697.

Uebrigens bedarf es wohl keines Beweises, daß Wirbelwinde, wie sie bei Gewittern so häufig vorkommen, sehr wohl

Digitized by Google

im Stande sind, Früchte und Pflanzen durch die Luft fortzuführen, und daß sie dann wirklich mit dem Regen herabfielen. Göppert hat mehrere Beispiele dieser Art gesammelt. So erzählt Bartholini, daß er in Dännemark habe Getreide an Bäumen hängen sehen, wohin es durch große Windstöße gebracht worden sey. Ein ähnlicher Fall ereignete sich nach Hartmann in Kurland im Jahre 1686. Eine der merkwürdigsten Thatsachen dieser Art erzählt Bentenat[66]). Am 27sten Julius 1803 Nachmittags fiel 2½ Stunden von Leon in Spanien in Folge eines heftigen Sturmes mit Regen und Hagel eine große Menge (ungefähr 10 bis 12 Centner) runder, leicht zusammengedrückter Saamenkörner von der Größe kleiner Erbsen herab, die den Leuten daselbst ganz unbekannt waren. Die Schaale dieser Saamen war lederartig, sehr glatt und perlgrau. An ihrer Grundfläche saß ein nur wenig hervorstehendes Fleischwärzchen mit der Keimgrube in der Mitte, und unterhalb derselben zeigte sich durch die Loupe eine kurze Furche. Im Innern der Saamen war keine Spur von eigener Saamenhülle, und das Würzelchen lag auf dem Saamenlappen gekrümmt. Gekocht wurden die Saamen bald gar und hatten einen guten Geschmack. Cavanilles, welcher mehrere derselben säete, fand, daß sie einem Lupinus angehörten. Wahrscheinlich waren diese Körner durch den Wind fortgeführt, wie dieses im Jahre 1804 in Andalusien der Fall gewesen seyn soll, wo eine große Menge von Korn herabfiel, das der Wind von einer Tanne bei Tanger fortgeführt haben sollte[67]), eine Thatsache, welche jedoch Göppert bezweifelt.

Als Folgen von Windstößen oder Regen müssen wir auch die Fruchtregen ansehen, welche mehrmals in Persien Statt fanden, nur daß hier die Pflanze eine andere war. Im Anfange des Jahres 1829 soll nämlich in Persien eine Substanz vom Himmel gefallen seyn, welche den Boden oft in einer Höhe von 5 bis 6 Zoll bedeckte. Die Heerden, namentlich die Schaafe, ernährten sich davon, und auch genießbares Brot wurde daraus bereitet. Thénard legte der Pariser Akademie Exemplare dieser Pflanze vor,

66) Ann. de chimie XLIX, 108. Gilbert's Ann. XVIII, 334 bei Göppert S. 568.

67) Ann. de chimie XLVIII, 105.

Digitized by Google

welche Desfontaines für eine Flechte erklärte, die durch den Wind dorhin geweht wäre. Etwas Aehnliches war schon 1824 in derselben Gegend von Persien beobachtet worden. Göppert, welcher diese Thatsache mittheilt, vermuthet, daß diese Flechte Lichen esculentus Pallas (Urceolaria esculenta Achar.) sey, welcher in der ganzen Gegend häufig vorkommt, von den Einwohnern zur Speise benutzt wird und sehr locker am Boden befestigt ist. Es wird diese Vermuthung noch dadurch bestätigt, daß Parrot aus Persien eine Flechte mitbrachte, welche im Jahre 1828 in einigen Gegenden 5 bis 6 Zoll hoch angeblich vom Himmel gefallen und von den Einwohnern ebenfalls gegessen war. Göbel fand darin vorzugsweise oxalsauren Kalk [68]) und Ledebour erklärte sich für den erwähnten Lichen esculentus, zugleich bemerkend, daß sie im mittleren Asien auf todtem lehmigen Boden und nackten Felsenriffen häufig vorkomme und oft plötzlich nach starken Regengüssen hervorschieße, so daß sie wahrscheinlich in einer Nacht nach starkem Regen plötzlich der Erde entwachsen sey.

Thierregen.

Es ist mehrfach behauptet worden, daß mit heftigem Regen kleine Thiere, wie Frösche, Fische und Raupen herabgefallen seyen, wovon Muncke [69]) eine Anzahl von Beispielen gesammelt hat. Indessen auch diese sind entweder vom Winde in die Höhe getrieben oder vom Wasser zusammengespühlt worden, oder endlich in Folge des Regens aus ihren Schlupfwinkeln hervorgekommen.

2) Höherauch.

Es giebt wenige Phänomene, welche so viel Aufsehen erregt haben, als der Höherauch, namentlich derjenige, welcher sich im Jahre 1783 zeigte [70]); die Erscheinung heißt Höherauch,

---

68) Schweigger Jahrb. N. R. XXX, 393.

69) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 1223.

70) Eine ausführliche Literatur findet sich bei Muncke in Gehler's Wörterb. N. A. VII, 37 folg. Ich nenne unter denselben besonders Leonh. Ludw. Finke Naturhistorische Bemerkungen, betreffend eine auf vieljährige Beobachtungen sich stützende Beschreibung

Digitized by Google

Heerrauch, Haarrauch, Landrauch, Sonnenrauch, Moorrauch, Heiderauch, am besten nach Muncke: trockner Nebel [71]). Die Erscheinung zeigt sich im mittlern und östlichen Deutschland etwa auf folgende Weise [72]). Wenn während des Tages der Himmel ganz rein ist, ohne daß sich eine Spur von Wolken zeigt, so erscheint demnach des Himmels Blau keinesweges sehr dunkel, es ist matt und weicht in seinem Ansehen bedeutend von dem ab, welches Statt findet, wenn fein verwaschene Cirri die Himmelsfarbe trüben. Während im letztern Falle die weiße Farbe vorherrschend ist, so wird das Blau während des Höherauches mehr von einer schmutzigen Beimengung verunreinigt. In der Höhe von einigen Graden verliert sich plötzlich die blaue Farbe und es erscheint rings um den Horizont ein an seinem obern Theile mehr oder weniger scharf begränzter Ring von schmutzig rothbrauner Farbe. Cumulostrati, deren oberer Rand zu andern Zeiten weiß glänzend seyn würde, erscheinen selbst zur

---

des Moordampfes in Westphalen. 8. Hannover 1820. Derselbe der Moorrauch in Westphalen. Ein Beitrag zur Meteorologie, nach Anleitung von mehr als 100 Beobachtern geschrieben, und nach dem Wunsche der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin zum Druck befördert. 8. Lingen 1825. Fr. Arends Abhandlung vom Rasenbrennen und dem Moorbrennen. 8. Hannover 1826. Ueber den Höherauch von 1783 hat Brandes Beiträge zur Witterungskunde in der Geschichte des Jahres das Wichtigste zusammengestellt, außerdem finden sich viele Nachrichten in den Mannheimer Ephemeriden. In verschiedenen Bänden von Kastner's Archiv für die gesammte Naturlehre finden sich Bemerkungen über Erscheinungen dieser Art in neueren Zeiten.

71) Mehrere dieser Benennungen sind an sich klar, indem sie entweder die Art der Erscheinung, wie Höherauch, oder die Art der Entstehung bezeichnen, wie Moorrauch oder Heiderauch, indem alsdann Moor oder Heidekraut verbrannt wird. Die Bezeichnung Haarrauch kommt her von Haaren, womit man in manchen Gegenden die in der Nähe von Niederungen und Mooren gelegenen Anhöhen bezeichnet (Finke der Moorrauch S. 42 f.), diese aber sind diejenigen, welche sich zur Moor-Cultur und dem Rasenbrennen am besten eignen. Das. S. 18.

72) Ich nehme die Erscheinungen vorzugsweise so, wie ich sie im Jahre 1834 in Halle beobachtet habe. Es wird späterhin klar werden, weshalb ich bei dieser Beschreibung das nordwestliche Deutschland ausschließe.

Digitized by Google

Mittagszeit mehr oder weniger geröthet, und es findet dieses selbst dann Statt, wenn die Wolken noch eine Höhe von 30 bis 40 Graden über dem Horizonte haben. Entfernte terrestrische Gegenstände von dunkler Farbe erscheinen undeutlich und wie mit einem blauen Schleier überzogen [73]). Selbst bei höherem Stande hat die Sonne einen matten Schein, die Schatten der terrestrischen Gegenstände sind schlecht begränzt, das Licht spielt mehr oder weniger ins Roth. Nähert sie sich dem Horizonte, so bekommt sie ein blutrothes Ansehen, man kann mit Leichtigkeit in sie hineinsehen und das zu uns gelangende Licht wird so sehr geschwächt, daß wir die Sonnenscheibe nicht mehr sehen, selbst wenn sie den Horizont noch nicht erreicht hat. An mehreren Tagen im Julius 1834 sah ich, wie der untere Sonnenrand ein mattes kaum noch wahrnehmbares Licht zeigte, während der obere noch vollkommen scharf begränzt mit blutrothem Lichte erschien.

Erscheinungen dieser Art sind jedenfalls schon in früheren Zeiten öfter beobachtet worden und in den Chroniken sind wahrscheinlich mehrere derselben angeführt. Muncke [74]) führt einen solchen trocknen Nebel an, welcher sich im Jahre 526 im 7ten Jahre der Regierung des Kaisers Justinian ereignete. Ich füge noch folgende ältere Thatsachen hinzu [75]).

1566 am 27sten Julius sah man in der Schweiz die Sonne blutroth untergehen und hatte der Mond auch eine gleiche Farbe (Scheuchzer).

1571 im Anfang des Aprils hat man in Halle beinahe alle Tage, länger denn eine Woche lang, Morgens und Abends die Sonne blutroth auf- und untergehen sehen (Dreyhaupt).

1571 den 29sten September war die Sonne am Morgen goldfarb, zu Mittag blutroth, so daß auch die Scheiben gegen die Sonne hin roth schienen, zu Abend hatte sie einen Schein wie der Mond (Scheuchzer).

---

73) Ich habe nur Wälder und vorzugsweise Gegenstände von grüner Farbe gesehen; Schneefelder und Gletscher würden vielleicht geröthet erscheinen.

74) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 38.

75) Ich habe dabei nur Dreyhaupt's Chronik des Saalkreises I, 616 und Scheuchzer Naturgeschichte des Schweizerlandes III, 95 benutzt.

Digitized by Google

1572 am Michaelis-Tag war die Sonne in der Schweiz roth und traurig anzusehen (Scheuchzer).

1774 am 25sten Julius sah man zu Chur die Sonne roth (Scheuchzer) [76].

1590 den 3ten Julius und folgende Nacht ist ein Dampf über der Stadt Halle bis auf den Morgen gesehen worden, als wenn etwas im Feuer stünde (Dreyhaupt) [77].

1652 wurde nach einem heißen Frühlinge starker Höherauch wahrgenommen [77a].

Das nächste Beispiel dieser Art, welches Muncke anführt, ist vom Jahre 1721, in welchem ein starker Höherauch am 1sten Junius in Paris, in der Auvergne, in Mailand und an andern Orten wahrgenommen wurde [78]; hierauf folgte ein eben solcher im Jahre 1729 [79], und endlich im Jahre 1764, welcher vorzüglich in Frankreich beobachtet wurde [80]. Am meisten Aufsehen jedoch machte der Höherauch im Jahre 1785, und wir wollen denselben hier ausführlicher betrachten [81].

Dieser Höherauch erfüllte an manchen Orten die ganze Atmosphäre so, daß man Gegenstände, welche nur $\frac{1}{4}$ Meile entfernt waren, an manchen Tagen entweder gar nicht oder wenigstens nur blau und nebelig sah. Die Sonne erschien durch ihn roth und glanzlos, so daß man sie selbst um Mittag ansehen konnte; gegen die Zeit des Auf- und Unterganges verbarg sie sich ganz im Nebel. Am früheſten, nämlich am 29sten Mai, wurde er in Kopenhagen beobachtet, wo eine Reihe von heiteren warmen Tagen vorauf

76) Von dem Jahre 1574 bemerkt Dreyhaupt, es sey ein überaus heißer Sommer und sehr trockene Zeit gewesen.

77) Ob diese Thatsache ein Höherauch sey, wage ich nicht zu bestimmen. Das Jahr zeichnete sich durch große Hitze und Dürre aus.

77a) Ephem. Soc. Met. Palat. 1783. p. 685.

78) Hist. de l'Acad. 1721. p. 32. Richard hist. naturelle de l'air V, 165.

79) Daſ. 1729. p. 3.

80) Lalande im Journ. de Paris 1783.

81) Ich folge dabei der Zusammenstellung von Brandes Beiträge zur Witterungskunde S. 171. Die Beobachtungen am Altai (Kolywan?), welche B. nicht benutzt hat, befinden sich in Renovanz mineralogisch-geographischen Nachrichten von den Altaischen Gebirgen. 8. Reval 1788. S. 165.

Digitized by Google

gegangen war. Hier trat er also nach heiterm Wetter ein, während er an den meisten Orten nach einem Gewitter kam, an einigen Orten nach einem kalten Winde und in England bei anhaltend regnigem Wetter. In Rochelle wurde er am 6ten und 7ten, in Dijon am 14ten Junius beobachtet, nachher aber war die Luft am erstern Orte wieder frei von Nebel bis zum 18ten. Um die Mitte des Junius ist die eigentliche Zeit, wo er sich fast allenthalben auf einmal zeigte, indem er zwischen dem 16ten und 18ten Junius in den meisten Gegenden von Deutschland, Frankreich und Italien beobachtet wurde, am 19ten Junius wurde er in Franecker und den Niederlanden gesehen, am 22sten in Spydberg in Norwegen, am 23sten auf dem St. Gotthard und in Ofen, am 24sten in Stockholm, am 25sten in Moskau, gegen Ende des Junius in Syrien und am 1sten Julius am Altai. Der Nebel erstreckte sich also über ganz Europa bis nach Africa, Syrien und ins Innere von Sibirien. Nach Toaldo und Lamanon bedeckte er das adriatische Meer und einen Theil des atlantischen Oceans, jedoch letztern nicht über 50 Meilen weit vom Lande. Dagegen erzählt van Swinden in seiner Geschichte dieses Nebels in den Mannheimer Ephemeriden für das Jahr 1783, daß ein von Norwegen nach Holland fahrender Schiffer, der am 19ten Junius dort abreiste und am 2ten Julius hier ankam, sich vom 25sten bis 30sten Junius vom dicksten Nebel umgeben fand. In England war er eben so dick als auf dem Continente. Der Nebel erstreckte sich an mehreren Tagen bis über die Alpen, denn auf dem Gotthard, dem Salève, auf dem 6200 Fuß hohen Ventoux und auf den Alpen der Dauphine in 10000 Fuß Höhe hat man ihn beobachtet; doch hat man zu andern Zeiten die Spitzen der Alpen darüber hervorragen sehen, während ihr Fuß verdeckt war. In einigen Gegenden scheint er nicht so hoch gestiegen zu seyn, denn Marcorelle sagt, bei Narbonne habe er nicht die Höhe von 400 Toisen erreicht, habe daher mit der Gegend der Atmosphäre, wo Gewitter entstehen, in keiner Verbindung gestanden, und diesem Umstande müsse man es zuschreiben, daß die dortige Gegend so wenig Gewitter hatte. Dagegen fand Toaldo in Padua, daß er nicht bis zur Erde herabging, sondern aus den höheren Theilen der Atmosphäre zu kommen schien, und so scheint er sich auch in Rom gezeigt zu haben.

Digitized by Google

Weder Wärme noch Regen vertrieben den trockenen Nebel, selbst als es am 20sten Junius in Franecker so heftig regnete, daß in einer halben Stunde 20 Linien hoch Wasser fiel, dauerte er fort; doch glaubte man allemal einige Abnahme des Nebels nach Gewittern zu bemerken. Die Winde waren meistens nördlich, aber an vielen Orten herrschte fast in der ganzen Zeit Windstille.

Werden sämmtliche Beobachtungen verglichen, so ergiebt sich ziemlich allgemein, daß der Nebel vom 16., 17. oder 18. Junius an überall an Dicke zunahm und so bis beinahe gegen Ende des Junius blieb. In den letzten Tagen des Junius, an andern Orten in den ersten Tagen des Julius, ward er dünner, und man glaubte schon, daß er ganz verschwinden werde; aber er kehrte noch einmal in gleichem und vielleicht größerm Maaße zurück und dauerte mit abwechselnder und an verschiedenen Orten ungleicher Stärke bis zum Ende des Julius. Späterhin hat man ihn wohl auch an einzelnen Orten wieder bemerkt, aber nicht in dem auffallenden Grade und nicht so allgemein verbreitet. So war er in Mannheim am 22sten Julius nach einem Gewitter verschwunden, kehrte sodann am 30sten zurück und dauerte mit Unterbrechungen den August hindurch bis zum 12ten September und zeigte sich nochmals vom 2ten bis 6ten October. In bedeutender Stärke scheint er am längsten in Kopenhagen fortgedauert zu haben, denn den ganzen August hindurch konnte man die Sonne bis zu 20 oder 30 Grad Höhe mit bloßen Augen ansehen, und sie erschien dabei eben so roth als in den vorigen Monaten; erst am 26sten September war er ganz verschwunden. Er scheint hier während dieser ganzen Zeit anhaltend gedauert zu haben, während er an andern Orten nur an einzelnen Tagen wieder erschien. Sein Verschwinden ist an verschiedenen Orten nicht blos zu verschiedenen Zeiten, sondern auch unter ungleichen Umständen eingetreten. Am frühesten, nämlich am 17ten Julius, verschwand er nach einem Gewitter am Altai, jedoch waren diesem schon mehrere Gewitter während der Fortdauer des Nebels voraufgegangen, ohne letztern zu zerstreuen; in Paris verschwand er nach einem kleinen Gewitterregen am 21sten Julius; in Havre de Grace zeigte er sich am 31sten Julius stärker als vorher, aber um 8 Uhr brach die Sonne durch und zerstreute ihn ganz; in Narbonne verschwand er bei einem vom 24sten bis 26sten Julius wehenden kalten Nordwinde.

Digitized by Google

Was sein Zunehmen oder Abnehmen bewirkte, darüber läßt sich aus den Beobachtungen kaum etwas schließen, da er bei allen Winden fortdauerte und bald am einen, bald am andern Orte dichter wurde.

Alle Beobachter erwähnen die große Dürre, welche während der Zeit seines Erscheinens Statt fand, und eben dieses bestätigen die Hygrometermessungen, welche August zu Berlin und ich in Halle in den Tagen gemacht hatten, wo der Höherauch während des Sommers 1834 am stärksten war. Wir müssen daher nothwendig annehmen, daß er von dem gewöhnlichen Nebel sehr verschieden sey. Verschiedene Physiker haben ihn einen elektrischen Nebel genannt und namentlich angenommen, daß es durch Elektricität zersetzte Dünste oder zertheilte Gewitter gewesen seyen. Unbestimmte Ausdrücke dieser Art lassen sich aber leichter aussprechen, als beweisen. Brandes meint, es sey nicht gewiß, ob man ihn einen elektrischen Nebel nennen könne, indem Hemmer die Luftelektricität zur Zeit des Nebels nicht ungewöhnlich stark fand [82]); jedoch ist meinen Erfahrungen zufolge die Divergenz des Elektrometers an sehr trockenen Sommertagen stets kleiner, als an solchen, wo bei heiterm Zustande des Himmels die Luft feuchter ist, und die geringe Spannung ist demnach nur eine mit der Trockenheit zusammenhängende Thatsache. Man glaubte indessen ihn wegen der zahlreichen Gewitter, die sich durch häufiges Einschlagen auszeichneten, elektrisch nennen zu können. Die vielen Fälle, wo Häuser, Bäume und Menschen getroffen wurden, veranlaßten zu dem Schlusse, daß die Gewitter sich in sehr geringer Höhe über der Erde befänden und gleichsam in dem dicken Nebel selbst entstehen müßten. Dabei waren die Gewitter zugleich ungewöhnlich heftig. So erzählt Senebier z. B., daß am 12ten Julius, wo der Höherauch ungewöhnlich dicht war, in Genf ein von $12\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ Uhr Nachts dauerndes Gewitter den Himmel durch unzählige Blitze fast unaufhörlich erhellt habe, während der Donner mit furchtbarem Getöse ohne Unterbrechung

82) Eben dieses fand auch ein ungenannter Beobachter zu Ronneburg im Altenburgischen vermittelst des elektrischen Drachens. Haude u. Spener Zeitung für 1783. S. 698.

fortdauerte; diesem furchtbaren Gewitter, welches in der ganzen Gegend Schaden angerichtet hatte, folgte an demselben Tage ein zweites von 7 bis 8 Uhr Morgens. Etwas Aehnliches berichtet Toaldo, daß nämlich bei einigen Gewittern mehr als 100 Schläge an demselben Orte beobachtet sind, ja daß man einen Blitz gesehen habe, der in immer neuen Ausbrüchen 11 Minuten lang dauerte (?), daß manche Gebäude bei einem Gewitter von mehreren Blitzen getroffen wurden u. s. w. Diesen Nachrichten ließen sich viel ähnliche aus den Mannheimer Ephemeriden anreihen, jedoch kann ich mich keineswegs davon überzeugen, daß die Gewitter eine unmittelbare Folge des Höherauches oder umgekehrt gewesen seyen. Da keine directen Beobachtungen über die Höhe der Gewitterwolken angestellt wurden, so ist eine Folgerung aus derselben auf eine unerwiesene Hypothese gegründet, im Gegentheil bin ich geneigt anzunehmen, daß die Höhe sehr bedeutend gewesen sey. Die heftigen Gewitter des trockenen Sommers 1834 zeichneten sich durch große Höhe der Wolken aus, wie mir dieses eine Zahl directer Messungen am 6ten und 21sten Julius beweisen, und dieses wird wahrscheinlich immer in trockenen Jahren der Fall seyn. Der aufsteigende Luftstrom ist sehr lebhaft, die Temperatur der oberen Luftschichten erhöht, und erst in bedeutender Höhe kann Condensation Statt finden. Soll aber unter diesen Umständen eine solche Elektricität entwickelt werden, daß Funken zur Erde überspringen, so muß sie bedeutend stärker seyn, als bei niedrigeren Wolken, die Blitze werden sich durch größere Helligkeit und vielfache Verästelung, die Donner durch ein lebhafteres Rollen auszeichnen, als unter gewöhnlichen Umständen.

Ueber die Zusammensetzung dieses Nebels stellten Fontana und Maret eudiometrische Versuche an, sie fanden jedoch wenig brauchbare Resultate. Im Allgemeinen bemerkte man während desselben keinen auffallenden Geruch, nur in Holland scheint ein solcher Statt gefunden zu haben. So erzählt Brugmanns in einer Abhandlung über diesen Nebel [82]), daß sich namentlich am 24sten Junius ein auffallender Geruch nach Schwefel gezeigt habe; van Swinden fügt hinzu, es sey derselbe in Grönin-

82) Bei van Swinden in den Mannheimer Ephemeriden 1783. S. 681.

Digitized by Google

gen, Ostfriesland, Drente und Overyssel sehr stark gewesen, so daß Metalle der Luft ausgesetzt angegriffen wurden. Für die Beimengung eines fremden, namentlich schwefeligen Bestandtheiles scheinen besonders einige Thatsachen zu sprechen, welche du Vasquier in der Gegend von Neufchatel sammelte und welche van Swinden mittheilt. Die gedruckten Zeuge nämlich, welche derselbe der Sonne aussetzte, wurden dadurch mehr oder weniger geändert. Das Roth verwandelte sich zuerst in Orange, und darauf in gewöhnlichem Wasser gewaschen wurde es violett; das Schwarz verschwand fast gänzlich und das Violett verlor seine ganze Lebhaftigkeit. Diejenigen Zeuge, welche an feuchten Orten lagen, litten am meisten; diejenigen, welche an höheren Stellen lagen und weder von Regen noch Thau getroffen wurden, erlitten gar keine Aenderung; ja es fand sich sogar, daß auf demselben Stück Zeug die eine Hälfte einer Blume sich änderte, während die andere ihren vollen Glanz beibehielt. Da nun den Erfahrungen dieses Fabrikanten zufolge sehr verdünnte Schwefelsäure dieselbe Einwirkung auf die Zeuge äußerte, so könnte dieses allerdings zum Beweise dienen, daß schwefeligsaure Dämpfe in der Luft vorhanden gewesen seyen. Aber dürfen wir dieses wohl mit van Swinden, Brandes, Muncke und Andern thun? Der Umstand, daß nur die auf feuchten Stellen liegenden Kattune angegriffen wurden, macht diese Annahme etwas zweifelhaft. Da nämlich die schwefelige Säure auch im gasförmigen Zustande auf die Pflanzenstoffe einwirkt, sich auch beim Zutritte von Oxygen allmählig in Schwefelsäure verwandelt, welche selbst im concentrirten Zustande auf trockene vegetabilische Körper einwirkt, so scheint eine Veränderung auch in den höher liegenden Stücken um so eher möglich, da diese doch stets feucht waren, als sie in der Sonne ausgebreitet wurden. Ich bin daher geneigt, der einfachern Ansicht von Senebier beizustimmen, welche ich hier mit den Worten des Verfassers wiedergeben will[83]): Quidam crediderunt, telas pictas rubro colore maculis fuisse interspersas a vapore, sed maculis non interspersae fuissent istae telae, si vapor macularum fuisset causa, tota earum superficies unica fuisset macula; sed observatum est, quod, cum saepissime et diu ob-

83) Ephem. Soc. Met. Palat. 1783. p. 435.

scuro coelo telae pictae in aprico essent positae, diu herbas pratorum tegebant, quod difficile exsiccarentur propter pluvias ingruentes, et defectum solis obscurati, inde herbae corruptae maculis tingebant telas, et in telis herbarum cacumina in promptu erat. Und in der That muß sich ein solches Verderben der Pflanzen leichter an tieferen feuchten Stellen als an den höher liegenden zeigen.

Auch die Pflanzen sollten von diesem Höherauch mehr oder weniger getroffen seyn. So schrieb man ihm in der Dauphine den häufigen Brand im Getreide zu, aber dieser zeigt sich häufig in solchen Jahren und in solchen Gegenden, wo keine Spur von Höherauch wahrzunehmen ist. Toaldo, welcher die Fruchtbarkeit dieses Jahres rühmt und im Allgemeinen sagt, der Nebel habe den Gewächsen nicht geschadet, gesteht doch, daß einige Oelbäume und Weinreben auf höheren Hügeln, nicht aber in den Thälern gelitten hätten [84]). Vorzüglich klagte man in Holland, namentlich in Gröningen, daß am 25sten Junius die Blätter der Bäume gelb wurden und abfielen, das Gras dürre war und die Felder daher einen traurigen Anblick darboten. Eben so wurden die Blätter in Moscau gelb. Indessen bemerkt Brandes mit Recht, daß dieses auch von andern Ursachen herrühren könne. Da nämlich die Hitze an manchen Orten wenig oder gar nicht durch Regen gemildert und den Pflanzen gar keine Erfrischung gegeben wurde, so kann dieses beigetragen haben, solche Erscheinungen zu bewirken. Der Regen kam nämlich blos in Gewitterschauern, und diejenigen Gegenden, welchen er in hinreichendem Maaße zu Theil wurde, sahen ihre Erndte gut gedeihen, während manche benachbarte Gegenden, in denen keine Gewitter zum Ausbruche kamen, ihre Saaten vertrocknen sahen.

Auch in der Folge hat man mehrmals einen weit ausgedehnten Höherauch, wenn auch nicht in dem Grade wahrgenommen,

84) So sagt Brandes a. a. O. S. 177. In den Mannheimer Ephemeriden 1783. S. 573 spricht Toaldo nur von der prodigiosa foecunditas dieses Jahres, eben dieses sagte er in einem Briefe an van Swinden, so wie auch Fontana die Fruchtbarkeit dieses Jahres rühmt, daf. S. 584. Wenn übrigens die Pflanzen an höher liegenden Punkten gelitten haben, so bleibt noch immer die Frage erlaubt, ob dieses nicht eine Folge der Dürre gewesen sey.

Digitized by Google

als dieses 1783 der Fall war. So im Jahre 1820 in Holland und zugleich in Hamburg; ein eben solcher zeigte sich am 18ten August 1821 über England, wo er in der Richtung von N. nach S. zog. Am Morgen dieses Tages bemerkte man ihn in Essex und London und konnte die Sonne mit bloßen Augen erblicken, die zugleich so weiß und seidenartig erschien, daß die Landleute sie für einen Luftballon hielten. Am Abend desselben Tages sah man ihn zu Paris und am 19ten zu Viviers, wo er dem von 1783 sehr ähnlich zu seyn schien und erst am 30sten gänzlich verschwand [85]). 1822 war ein bedeutender Höherauch zu Paris, Straßburg und Brest, so wie im nordwestlichen Deutschland. [86]). 1823 eben so in Holland, dem nordwestlichen Deutschland und Kopenhagen [87]). Am 25sten und in größerer Stärke am 27sten und 28sten Mai 1824 beobachtete Hohnbaum in Hildburghausen einen starken Höherauch, welcher nahe und entfernte Gegenstände verdunkelte und einen eigenthümlichen dem Steinkohlendampfe ähnlichen Geruch verbreitete. Derselbe kam mit NW Wind, bei heiterm aber kaltem Wetter, verdunkelte die Sonne und nahm an Dichtigkeit so zu, daß die Feuerpolizei in allen Häusern eine Nachsuchung anstellen ließ, ob nicht irgendwo Feuer verborgen sey. Man bemerkte denselben am 27sten Mai ebenfalls im Voigtlande, namentlich in Oelsnitz, Schöneck, Klingenthal und Adorf, so wie in Erlangen und der Maingegend [88]). Im Jahre 1834 am 23sten Mai bemerkte ich einen starken Höherauch von der Victorshöhe im Harze, an demselben Tage kam er bei ziemlich heftigem Nordwinde nach Basel und blieb hier 3 bis 4 Tage [89]); am 25sten Mai zeigte er sich bei heftigem NO Winde in der Gegend von Orleans [90]). Um dieselbe Zeit, namentlich am 21., 22. und 24. Mai war er in der Gegend von Münster sehr stark [91]). Noch mehr-

85) Muncke in Gehler's Wörterb. N. A. VII, 42 nach Ann. de chimie XVIII, 419. und XXI, 411.
86) Finke der Moorrauch S. 79.
87) Das. S. 80.
88) Das. S. 77. und Muncke in Gehler's Wörterb. N. A. VII, 43.
89) Frankfurter Ober-Post-Amts-Zeitung 1834. Nr. 155.
90) Galignani's Messenger Nr. 6000 vom 3ten Junius.
91) Preuß. Staatszeitung Nr. 168.

Digitized by Google

mals bemerkte ich im Laufe des Sommers einen schwachen Höherauch, sehr auffallend aber wurde er seit dem 28sten und 29sten Julius in Halle, Freyberg und Altenberg in Sachsen, und dauerte nun mehrere Tage fort, bis er am 2ten August nach einem Gewitterregen verschwand, aber auch an einzelnen Tagen im August zurückkehrte. In öffentlichen Blättern habe ich wenig Nachrichten von diesem Phänomene in andern Gegenden gefunden, nur am 1sten August war er sehr stark in Gotha und seit dem 27sten Julius bemerkte man ihn in verschiedenen Gegenden Schlesiens[92]).

Besonders häufig ist das Phänomen im nordwestlichen Deutschland und Holland. So erwähnt Roling, daß während der Monate Mai und Junius in den Jahren 1818 bis 1826 in Münster an 86 Tagen Haarrauch erschienen sey, was jährlich nahe 10 giebt[93]), im Mai 1834 zeigte er sich an 10 Tagen[94]). Im Jahre 1822 wurden zu Lingen 25 Tage, in Wetzlar 30 Tage mit Höherauch gezählt[95]).

Die Häufigkeit des Höherauches in den zuletzt genannten Gegenden sucht Finke aus dem Moorbrennen daselbst herzuleiten. Um die Moore zur Kultur vorzubereiten, wird ihre Oberfläche im Herbste umgehackt, damit die Schollen während des Winters austrocknen können. Ist dann der Mai trocken, so zündet der Arbeiter die Schollen an. Dabei begiebt er sich in Holzschuhen auf den rauchenden Acker und befördert durch Gabeln oder andere Werkzeuge bald die Verbreitung des Feuers, bald aber unterdrückt er das zu helle Feuer durch Ueberschütten von unverbrannten Schollen und sucht auf diese Art ein Schmölen, wobei viel Rauch, aber wenig Flamme entsteht, hervorzubringen. Je trockner der Boden und die Luft sind, desto besser gelingt die Arbeit. Nichts ist dieser nachtheiliger als häufige Regengüsse, die nicht selten die Moorkultur ganz vereiteln oder doch sehr verspäten

92) Preuß. Staatszeitung Nr. 216.

93) Nachricht von den zu Münster in Westphalen in den 9 Jahren von 1818 bis 1826 regelmäßig angestellten meteorol. Beob. Taf. X., in Abhandlungen u. Beobachtungen der ärztlichen Gesellschaft zu Münster. 8. Münster 1829.

94) Stirlin handschriftl. Mittheilung.

95) Finke der Moorrauch S. 53 u. 76.

Digitized by Google

ten [96]). Wenn gleich diese Arbeit mit dem Junius geschlossen wird, so gerathen doch in trockenen Sommern nicht selten bedeutende Moorgründe bald aus Unvorsichtigkeit, bald aus Muthwillen in Brand [97]); endlich werden daselbst alljährlich noch große Strecken Heidekraut abgebrannt [98]). Die Menge von Torf, welcher blos Behufs der Moorkultur abgebrannt wird, ist sehr bedeutend; Finke schätzt die abgebrannte Oberfläche in dem nordwestlichen Deutschland jährlich zu 59460 Morgen, und die Menge verbrannter Produkte, welche sich in die Atmosphäre erheben, zu mehr als 1800 Millionen Pfund [99]), welche dann von dem Winde verbreitet zur Entstehung des Phänomenes Veranlassung geben.

Es könnte auf den ersten Anblick scheinen, als ob es kaum möglich sey, daß der Rauch sich so weit bewege, zumal da er doch nach einiger Zeit zu Boden sinkt. Wenn man indessen von einem höhern Standpunkte aus den Rauch beobachtet, welcher sich in Thälern zeigt, so erkennt man sehr bald die Möglichkeit dieser Verbreitung. Während meines Aufenthaltes auf dem Rigi im Jahre 1832 erschien mir am frühen Morgen das Thal von Schwyz vollkommen rein, und mit Leichtigkeit konnte ich vermittelst eines Fernrohres die kleinsten Gegenstände unterscheiden. Um 5 und 6 Uhr, wo in den Wohnungen Feuer angezündet worden war, erschien zuerst über der Stadt eine Rauchwolke, deren obere Fläche eben war, und welche nur eine geringe Höhe hatte. Im Laufe des Tages indessen breitete sich die Wolke weiter aus, gewann an Mächtigkeit und Höhe und das ganze Thal erschien nun wie mit einem Schleier überzogen. Eine ähnliche Ausbreitung der Rauchwolke habe ich über Stanz und Buchs gesehen und in allen Fällen konnte ich mit Deutlichkeit den Fortgang des Phänomenes beobachten. Stets aber zeigte es sich nur dann auffallend, wenn die Luft trocken war. Es ist wahrscheinlich, daß die Kohle, welche bekanntlich mit großer Begierde Gasarten absorbirt, der Atmosphäre einen Theil ihres Wasserdampfes entzieht, dadurch an Dichtigkeit zunimmt und dann leichter zu Bo-

96) Finke der Moorrauch S. 19.
97) Daf. S. 26.
98) Daf. S. 28.
99) Daf. S. 51.

den fällt, als wenn sie keine Feuchtigkeit findet. Mir scheint dieses nach dem Ansehen, welches der von den hiesigen Salinen aufsteigende Braunkohlenrauch unter verschiedenen Umständen zeigt, sehr wahrscheinlich. Bei feuchtem Wetter nämlich bewegt sich der Rauch nicht sehr weit, er zerstreut sich allmählig; dagegen habe ich ihn bei sehr trockener Witterung oft sehr weit ziehen sehen. Besonders auffallend war dieses in den auch durch Höherauch ausgezeichneten sehr trockenen Tagen am Ende des Julius 1834 der Fall. Mehrere Tage erstreckte sich die dunkle Masse als eine horizontale Wolke vielleicht eine Stunde weit, und dabei wehte noch ein lebhafter Ostwind, welcher im Stande gewesen wäre, den Rauch leicht zu zerstreuen. In Folge der großen Trockenheit, welche das fortdauernde Schweben des Rauches begünstigte, sah ich die ganze Schweiz während der trockenen Tage des Septembers 1832 vom Faulhorne aus wie mit einem Schleier überzogen. Nachdem auf mehrere Regentage die heitere Witterung eintrat, so bildete sich zuerst in den benachbarten Thälern und über der ebenen Schweiz eine Schicht, welche ich für Nebel zu halten geneigt war; nach einigen Tagen erhob sich dieselbe höher, aber ihre Oberfläche, welche sich an dem Riesen, Stockhorn und Jura sehr scharf abschnitt, erschien vollkommen horizontal, und die höheren Bergspitzen ragten darüber mit großer Klarheit hervor. Nicht wenig war ich darüber verwundert, als mit dem Höhersteigen dieser Masse zugleich die Feuchtigkeit der Luft geringer wurde. Aber auch in Zürich war die Luft ungewöhnlich trocken gewesen, Horner sagte mir, daß seit langer Zeit der Höherauch im Herbste nicht so stark gewesen sey. Es war aber dies die Zeit, wo theils das Rasenbrennen, theils das Verbrennen von Unkraut auf den Feldern sehr lebhaft betrieben wird; der Rauch stieg daher in der trockenen Luft in die Höhe und wurde späterhin von einigen Regen wieder zum Boden gebracht.

Die Untersuchungen von Finke haben es aber außer allem Zweifel gesetzt, daß der Höherauch im nordwestlichen Deutschland weiter nichts sey, als eine Folge des Moorbrennens. Nicht blos geht dieses daraus hervor, daß beide zu derselben Jahreszeit erscheinen, sondern auch noch mehrere andere Umstände sprechen dafür. Namentlich gehört dahin die Richtung des Windes, bei welchem sich der Moorrauch zeigt. Stets nämlich muß dieser an

Digitized by Google

einem Orte vom Moore kommen, wenn der Höherauch sich an demselben zeigen soll. Daher zeigt er sich in Emden, Amsterdam und Utrecht bei Ostwind, in Gröningen mit Süd- oder Südostwind, im größten Theile von Westphalen aber mit Nord- oder Nordwestwind [1]). Daher geschieht es denn nicht selten, daß in einer dieser Gegenden der Moorrauch während eines Jahres häufig ist, während er in der andern fehlt. So erwähnt Finke, daß in einem Jahre der Höherauch in Lingen sehr häufig gewesen sey, während er in Aurich und Norden fast ganz fehlte. In Westphalen sieht man ferner nicht selten am Horizonte eine dunkle Wolke, welche die Bewohner als einen Vorboten von Höherauch ansehen; ist dann der Wind nördlich, so ist letzterer bald vorhanden, aber bei südlichen oder südwestlichen Winden wird er von letzteren ganz fortgetrieben [2]). Aus dieser letztern Ursache leitet Finke den oben erwähnten Höherauch her, welcher sich am 4ten Junius 1823 zwischen Kopenhagen und Kiel zeigte. Er sah nämlich am 3ten am nördlichen Horizonte eine starke Moorrauchbank, die jedoch nicht nach Lingen kam, sondern durch einen Westwind fortgetrieben wurde, der vielleicht späterhin eine mehr südliche Richtung erhielt.

Finke führt mehrere Beispiele an, welche diese Fortbewegung des Moorrauches aufs entschiedenste beweisen. So erschien mehreren gleichzeitigen Beobachtungen zufolge im Mai 1822 der Höherauch in Lingen einige Stunden früher, als in Saarbrück; es zeichneten sich in diesem Monate besonders der 20ste, 21ste und 22ste durch ihre Stärke aus; aber auch in Coblenz und Münster war er sehr stark und selbst bis nach Frankreich hatte er sich verbreitet, wie wir oben erwähnt haben. Ganz dasselbe läßt sich von dem Höherauche sagen, welcher am 27sten Mai 1824 in Hildburghausen, Erlangen und im Voigtlande Statt gefunden hatte. Eben so hat Veltmann gezeigt, daß mehrere in der Gegend von Gotha wahrgenommene trockene Nebel, welche einen den Braunkohlen ähnlichen Geruch hatten, mit dem in Osnabrück erzeugten Moordampfe in Zusammenhang standen [3]).

1) Finke der Moorrauch S. 66.

2) Das. S. 60.

3) Kastner's Archiv für d. ges. Naturl. X, 266.

Geben wir den dabei thätigen Winden nur die geringe Geschwindigkeit von 12 Fuß in der Secunde, so vermögen dieselben den Rauch in einem Tage durch eine Strecke von fast 3 Breitengraden zu führen [4]), und darnach wird es wohl von selbst begreiflich, wie sich derselbe in kurzer Zeit über einer großen Landstrecke ausbreiten kann.

Der starke Höherauch, welcher im Jahre 1834 in einem großen Theile von Europa sichtbar war, rührte wahrscheinlich ebenfalls theils von den Moorbränden, theils von den vielen Feuersbrünsten her, welche in jenem Jahre Statt fanden. Am Ende Mais, wo der Höherauch am Harze, in Basel und in der Gegend von Orleans sichtbar war, fanden zugleich mehrere bedeutende Moorbrände Statt, namentlich brannte das Dachauer Moos in Baiern 8 Fuß tief und selbst unter den Wassergräben fort [5]), und eben so gerieth das große Torfmoor von Mettingen und Becke im Münsterschen, so wie das Vinter-Moor im Hannöverschen in Brand [6]). Späterhin, im Julius, folgten fürchterliche Moor- und Waldbrände in verschiedenen Gegenden, so in der Gegend von Berlin, in Preußen, Litthauen, Schlesien, Schweden, Rußland. Die große Dürre des Jahres begünstigte nicht blos die Entstehung, sondern auch die Ausbreitung des Feuers; es scheint aber die Annahme, daß der Rauch sich sehr weit verbreitet habe und Ursache des Phänomenes gewesen sey, durchaus nicht gezwungen, um so mehr, da fast alle Zeitungsberichte aus den Gegenden, wo die Waldbrände Statt fanden, das Ansehen der Sonne so beschreiben, wie man es in der Regel während des Höherauches beobachtet.

Dürfen wir aber den Höherauch von 1783, welcher sich über einen großen Theil des alten Continentes erstreckte, aus derselben Ursache ableiten? Bereits zur Zeit, wo er sich zeigte, wurden verschiedene Hypothesen zur seiner Erklärung aufgestellt, von denen Muncke mehrere mittheilt [7]). So sagt la Lande, die Menge der Elektricität, welche nach einem feuchten Winter

4) Muncke in Gehler's Wörterb. N. A. VII, 51.
5) Frankfurter Ober-Post-Amts-Zeit. Nr. 169.
6) Preuß. Staatsz. Nr. 168.
7) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 45.

Digitized by Google

durch die große Sommerhitze entwickelt worden sey, habe denselben erzeugt; Cotte meint, es seyen mineralische Ausdünstungen, begleitet von elektrischer Materie, in Folge der großen Hitze und vieler Erdbeben insbesondere aus den Bergen aufgestiegen; Maret und Castelli lassen Wasserdämpfe mit einer übergroßen Menge elektrischer Materie aus der Erde sich erheben und verdichtet werden; Bertholon aber giebt sich viele Mühe, seine Erklärung den verschiedenen, mit dem Hauptphänomene zugleich bestehenden Nebenumständen anzupassen, nämlich daß eine große Menge elektrischer Materie im Innern der Erde angehäuft gewesen sey, welche bei ihrem plötzlichen Freiwerden die mit ihr aufsteigenden Dünste fortgerissen habe, so daß also die begleitenden Erdbeben nicht Ursache, sondern gleichzeitig mit bedingte Wirkungen der angehäuften und frei werdenden Elektricität gewesen seyen. Auch in neueren Zeiten hat man das Phänomen aus der Elektricität hergeleitet, so namentlich Schön, Wiegmann, Günther, v. Hoff und Andere, indem Letzterer namentlich fand, daß bei 15 Beobachtungen im Jahre 1828 derselbe den Gewittern voranging oder ihnen folgte [8]). Jedoch zeigte späterhin Veltmann, daß mehrere dieser Erscheinungen mit dem Moorrauch in Westphalen im Zusammenhange standen. Schon Muncke zeigt die Schwierigkeit, das Phänomen aus der Elektricität abzuleiten, und ich begreife dieses eben so wenig, denn es ist durchaus keine ähnliche Wirkung dieser Kraft bekannt, es dürfte wohl leichter seyn, eine Hypothese dieser Art im Allgemeinen aufzustellen, als dieselbe zu beweisen oder auch nur mit einer kleinen Vorstellung zu verbinden. Vergessen wir dabei aber nicht, daß die Erscheinung zu einer Zeit beobachtet wurde, wo man noch mehr als gegenwärtig geneigt war, jedes ungewöhnliche atmosphärische Phänomen aus der Elektricität herzuleiten.

Andere Naturforscher waren geneigt, das Phänomen mit den Erdbeben in Calabrien und der vulkanischen Eruption in Island in Verbindung zu setzen; selbst Finke ist der Meinung, daß dieser Rauch als Product eines unterirdischen, immer von neuem unterhaltenen Gährungsprozesses aus Italien hergeführt sey [9]).

8) Kastner's Archiv XV, 428.

9) Finke der Morrauch S. 44.

Aber die Eruption von Island gehörte auch zu den bedeutendsten, welche historisch bekannt sind [10]). Seit dem 1sten Junius bemerkte man in mehreren Gegenden von Island Erdbeben, die bis zum 11ten Junius zunahmen. Zugleich erhob sich in den nördlichen Gegenden ein Rauch aus der Erde und man sah drei Feuersäulen, welche Asche und Steine mit sich in die Höhe schleuderten. Die Luft wurde dabei so mit Sand und Schwefeldünsten erfüllt, daß man selbst Mittags nicht lesen noch schreiben konnte. Am 11. Junius, wo die Feuersäule vorzüglich glänzend war, sah man ihre Flammen 30 bis 40 Meilen weit. Bald darauf folgte eine große Hitze, wobei die Sonne ganz roth erschien. Beim Anfange dieser Eruption enthielten die Flüsse, namentlich der Skapta, viel Wasser; aber am 11ten Junius war derselbe innerhalb 24 Stunden völlig ausgetrocknet und man fand am folgenden Tage die Schlucht, durch welche er sonst vier Meilen weit zwischen hohen Felsen durchlief, mit einem Feuermeere angefüllt, welches sich allmählig so vergrößerte, daß es aus dieser Schlucht herausbrach und hohe und niedrige Gegenden, nur mit Ausschluß der höheren Berge, erfüllte. Dieses dauerte bis zum 12ten August fort; am 16ten August hörte das Fortfließen des Lavastromes auf, aber das Ende der unglücklichen Ereignisse war noch nicht da, indem in der Mitte der Insel in öden, unbewohnten Bergen schon vom August her ein Erdbrand, der von Erdstößen, Donner und Rauch begleitet war, wüthete und bis in den November fortdauerte. Vor dem Ausbruche der Erdbrände war schon die ganze Atmosphäre so mit Rauch erfüllt, daß die Sonne ganz roth erschien, und in der Nähe der Berge war es völlig finster. Eben so soll in Grönland ein Erdbrand früher noch als in Island ausgebrochen seyn, und bei Nordwind wurde eine Menge Asche und Schwefeldunst den nördlichen Küsten von Island zugeführt, was den ganzen Sommer über fortdauerte. Die Lava bedeckte bei dieser Eruption einen Raum von wenigstens 60 Quadratmeilen und hatte eine mittlere Dicke von 100 Toisen, und sie würde darnach einen Kegel von 4700 Toisen Höhe und 9400 Toisen Durchmesser oder einen Berg bilden, welcher 6 Mal so groß als der Montblanc und 2,7 Mal so groß als der Chimborasso wäre [11]).

10) Ephem. Soc. Met. Palat. 1783. p. 690.
11) Parrot Physik der Erde S. 224.

Dieses Zusammentreffen der Zeiten spricht allerdings für einen Zusammenhang beider Phänomene; eben so trifft der früher erwähnte Höherauch vom Jahre 526 mit einem großen Erdbeben in Syrien, der von 1721 mit dem Erdbeben in Georgien und Tauris; eben so war im Jahre 1822 eine Eruption des Vesuv, welche freilich erst im October Statt fand [12]), desgleichen im J. 1834, obgleich auch hier die größte Thätigkeit erst im August erfolgte. Aber sind wir deshalb berechtigt, vulkanische Eruptionen für die unmittelbare Ursache des Höherauches zu halten? Hat gleich die dunkle Säule, welche sich über den Vulkanen erhebt, eine große Aehnlichkeit mit einer Rauchsäule, so haben genauere Untersuchungen doch erwiesen, daß dieselbe aus condensirtem Wasserdampf und vulkanischer Asche besteht, denen noch einige andere ebenfalls durchsichtige Gase in größerer oder geringerer Menge beigemengt sind, von einem eigentlichen Rauche hat noch kein Beobachter eine Spur gefunden. Wenn sich aber die Lava über dem Boden fortbewegt, so wird alles, was der Feuerstrom findet, verkohlt und eine Menge von Rauch erhebt sich in die Atmosphäre. Erwägen wir nun die ungeheure Menge von Pflanzen, welche in Island zugleich mit 17 Dörfern verbrannt wurden, so wird begreiflich, daß der Rauch, welcher hier als eine Wirkung der über den mit Vegetation bedeckten Boden fortfließenden Lava erzeugt wurde von den zu jener Zeit vorherrschenden nördlichen Winden über einen großen Theil von Europa fortgeführt werden konnte. Dazu kommt, daß in jenem trockenen Sommer wahrscheinlich Wald- und Moorbrände eben so häufig waren, als dieses gewöhnlich in den trockenen Jahren der Fall ist, und daß diese vielleicht zur Verstärkung der Erscheinung dienten; wahrscheinlich dürfte der starke Geruch, welchen man in Holland bemerkte und welcher mit dem von Schwefel verglichen wird, von Torfmooren herrühren, welche sich dann in jener Gegend entzündet hatten.

Bin ich nun gleich mit Finke insofern vollkommen einverstanden, daß ich den Höherauch als ein Product von Verbrennungsprozessen vegetabilischer Körper ansehe, so bedürfen doch die Behauptungen in dem letzten Abschnitte seiner Schrift einer näheren Prüfung. Er betrachtet darin den Moorrauch als Wetter-

12) Lyell Geology p. 390.

bändiger [13]) und leitet aus ihm nicht blos die Häufigkeit der Nordwinde zur Zeit seines Erscheinens her, sondern schreibt ihm auch die Kraft zu, Regen und Gewitter zu vertreiben und Kälte zu erzeugen. Es soll nämlich der Moorrauch den Wasserdämpfen das Gleichgewicht halten und die chemische Affinität der sich durchdringenden Substanzen die Regenbildung erschweren. Mehrere Beobachter überzeugten sich, daß der Moorrauch die Gewitter vertreibe und suchten die Ursache darin, daß der Rauch die Elektricität aus den Wolken fortführe. Endlich zeigt die Erfahrung, daß es zur Zeit des Moorrauches gewöhnlich sehr kalt ist, und daß die von den Menschen empfundene Kälte selten mit dem Thermometer parallel läuft.

Obgleich nicht zu läugnen ist, daß der lebhafte aufsteigende Luftstrom, welcher sich über den erhitzten Mooren nothwendig erheben muß, Bewegungen in der Luft hervorbringt, so bezweifle ich doch aus mehrfachen Gründen die großen Wirkungen, welche ihm hier zugeschrieben werden. Indem die nach oben gestiegene Luft in der Tiefe ersetzt wird, so muß von allen Seiten ein Luftstrom gegen das Moor gerichtet seyn; wir finden aber vorzugsweise Nordwind zur Zeit des Moorrauches, welchen Finke davon herleitet, daß die Luft vorzugsweise von dem kältern Meere gegen das Land fließt. Aber sind diese Nordwinde im Anfange des Mai und Junius blos eine Folge des Moorrauches und sind sie allein dem nordwestlichen Deutschland eigen? Ich glaube diese Frage mit Nein beantworten zu müssen. Ich habe bereits früher bemerkt, daß in Europa in dem Frühlinge und im Anfange des Sommers die Winde eine stärkere nördliche Richtung annehmen [14]), und diese Aenderung der Richtung aus weiter verbreiteten Ursachen abgeleitet. Dazu kommt, daß nach Finke's eigenen Bemerkungen [15]) das Moorbrennen nur dann vorgenommen wird, wenn es sehr trocken ist; aber diese trockene Witterung ist in Westphalen wohl eben so, als im übrigen Deutschland vorzugsweise von nördlichen Winden begleitet. Mit letzteren stellt sich dann auch eine mehr oder minder bedeu-

13) Finke der Moorrauch S. 96 flg.

14) Th. I. S. 243.

15) Finke a. a. O. S. 19.

Digitized by Google

tende Depression der Temperatur ein; die Tage Pancratius, Servatius und Urbanus sind von den Gärtnern allenthalben gefürchtet, und auch sie sind nur eine Folge von den so oft im Mai wehenden nördlichen Winden. Ja es kann dann wohl geschehen, daß die Kälte, welche die Menschen empfinden, weit größer ist, als man nach den Angaben des Thermometers glaubt; hätte man aber gleichzeitig ein nasses Thermometer verglichen, so würde dieses vielleicht mehr Aufschluß darüber gegeben haben; denn in der sehr trockenen Luft, in welcher nach Finke's eigenem Versuche[16]) zerstoßenes Alkali nicht die geringste Spur von Delinquescenz zeigte, erfolgte auf der Oberfläche des Körpers eine schnelle Verdunstung des eben gebildeten Schweißes, und in Folge davon fühlte man eine mehr oder weniger große Kälte.

Aus dem Vorherrschen nördlicher Winde, so wie aus der großen Trockenheit der Luft ergiebt sich auch die Möglichkeit einer Auflösung der Wolken, mit welcher dann der Regenmangel und die Vertreibung der Gewitter zusammenhängen. Wenn gleich die fein zertheilte Kohle, welche in der Luft schwebt, eine Menge von Wasserdämpfen absorbirt, so bleibt doch noch immer die Frage erlaubt, ob die Zertheilung der Regen- und Gewitterwolken durch den Moorrauch, wovon Finke mehrere Beobachtungen anführt, wirklich eine Folge des letztern sey, oder ob diese Wolken sich nicht auch ohne Höherauch aufgelöst haben würden. Auch in anderen Gegenden zeigt sich eine solche Zerstreuung sehr häufig; um daher darüber zu entscheiden, ob der Höherauch in Westphalen Ursache davon sey, müßte untersucht werden, wie oft Wolken sich mit oder ohne Höherauch auflösen; erst dann, wenn es sich ergeben würde, daß es während seiner Dauer häufiger erfolge, würde man ihn als Ursache davon ansehen dürfen.

Um zu bestimmen, welchen Einfluß der Höherauch auf die Häufigkeit der Niederschläge habe, würden viele Messungen aus dem nordwestlichen Deutschland erforderlich seyn. Ich besitze nur die Beobachtungen, welche Roling in Münster während einer Zeit von 8 Jahren (1819 — 1826) anstellte[17]). Damit will ich

16) Finke der Moorrauch S. 56.

17) Abhandlungen u. Beobachtungen der ärztlichen Gesellschaft in Münster Bd. I.

Digitized by Google

die Regenmengen vergleichen, die in Göttingen, Erfurt, Berlin und Arnstadt einerseits, in Sparendam, Franecker, Rotterdam, Breda, Middelburg und Zwanenburg andererseits angestellt wurden. Darnach finden wir folgende Größen:

	Münster	Holland	Deutschland
Januar	1″ 6‴,62	1″ 7‴9	1″ 1‴5
Februar	1. 5,28	1. 4,8	1. 1,4
März	1. 10,18	1. 4,6	1. 1,2
April	1. 8,75	1. 6,5	1. 4,8
Mai	1. 9,49	1. 9,7	1. 5,7
Junius	1. 7,69	1. 11,3	2. 2,6
Julius	2. 7,90	2. 11,5	2. 4,3
August	2. 7,16	2. 5,5	2. 5,1
Septbr	1. 8,70	3. 2,3	1. 10,3
Octbr	1. 8,32	2. 10,7	1. 2,6
Novbr	3. 4,60	2. 10,4	1. 4,8
Decbr	2. 11,01	2. 0,0	1. 4,0
Jahr	24. 11,70	26. 1,2	19. 0,3

Vergleichen wir hier die beiden an Höherauch ausgezeichneten Monate Mai und Junius, so finden wir während denselben

in Münster	16,42
in Holland	14,37
in Deutschland	19,40

Procent der während des Jahres fallenden Regenmenge. Das Mittel der für Holland und Deutschland gefundenen Bestimmung, nämlich 16,84, weicht von dem für Münster erhaltenen wenig ab, und die Lage des Ortes macht dieses sehr wahrscheinlich.

Eben so will ich die Gewitter in Münster mit denen in Cuxhaven, Hamburg, Lüneburg, Erfurt, Berlin und Arnstadt einerseits, und mit denen in Middelburg und Brüssel andererseits vergleichen. Behalte ich hier nur die beiden Monate Mai und Junius, so finde ich

	Münster	Holland	Deutschland
Mai	3,9	2,1	2,2
Junius	3,2	8,6	2,8
Jahr	26,0	37,4	14,2

Digitized by Google

Bezeichnen wir auch hier wieder die Zahl der jährlich stattfindenden Gewitter mit 100, so finden wir in den beiden erwähnten Monaten

in Münster	27,3
in Holland	28,6
in Deutschland	36,2

Hiernach ist allerdings die Zahl der Gewitter in Münster etwas kleiner, als man es seiner Lage nach erwarten sollte; da indessen die beiden Orte in Holland selbst noch sehr bedeutende Differenzen zeigen, so scheint es mir noch nicht erwiesen, daß diese Abweichung ihren Grund in dem Höherauche haben sollte.

3) Sternschnuppen und Meteorsteine [18]).

Zu den Erscheinungen, welche sich in heiteren Nächten sehr häufig beobachten lassen, gehören die Sternschnuppen. An einer Stelle des heitern Himmelsgewölbes taucht ein Lichtpunkt

18) Die wichtigsten Schriften sind: Benzenberg u. Brandes Versuch die Entfernung, die Geschwindigkeit und die Bahn der Sternschnuppen zu bestimmen. 8. Hamburg 1800. Benzenberg über die Bestimmung der geogr. Länge durch Sternschnuppen. 8. Hamb. 1802. — Brandes Unterhaltungen für Freunde der Physik u. Astronomie, Heft. I. 8. Leipzig 1825. — King Remarks concerning stones said to have fallen from the clouds. London 1796. v. Ende über Massen und Steine, die aus dem Monde auf die Erde gefallen sind. 8. Braunschweig 1804. Izarn lithologie atmosphérique. 8. Paris 1803. Jul. L. Ideler über den Ursprung der Feuerkugeln und des Nordlichtes. 8. Berlin 1832. E. Florens F. Chladni über Feuer-Meteore und die mit denselben herabgefallenen Massen. 8. Wien 1819. Dazu gehört als Nachtrag: C. v. Schreibers Beiträge zur Geschichte und Kenntniß meteorischer Stein- u. Metallmassen und der Erscheinungen, welche deren Niederfallen zu begleiten pflegen. Mit 8 Steindrucktafeln, einem Meteoreisen-Autograph und einer Karte. fol. Wien 1820. Die erste der beiden zuletzt genannten Schriften ist unstreitig das ausgezeichnetste Werk über diese Lehre; dankbar muß ich es anerkennen, daß ich ihr vorzugsweise in der Erzählung der Thatsachen gefolgt bin. Chladni hatte sich so anhaltend mit dem Gegenstande beschäftigt und denselben so vielseitig durchdacht, daß er noch lange die wichtigste Quelle bleiben wird.

Digitized by Google

in Gestalt eines größern oder geringern Sternes auf, bewegt sich über einen Theil des Himmels fort und verschwindet dann wieder eben so plötzlich, oder das Licht nimmt am Orte des Verschwindens allmählig an Helligkeit ab. Zuweilen hinterläßt diese sich fortbewegende Masse auf ihrer Bahn keine Spur von Licht, zu andern Zeiten bleibt kurze Zeit hindurch noch ein Lichtstreifen daselbst übrig; der scheinbare Stern bleibt entweder ein einziger oder er sprüht scheinbar Funken. Werden diese Erscheinungen, welche die Alten für herabfallende Sterne hielten, größer, so bezeichnet man sie mit dem Namen Feuerkugeln, Feuermeteore. Es erscheint dann ein leuchtender Punkt, ungefähr wie eine Sternschnuppe, oder ein kleines lichtes, bald nachher sich entzündendes Wölkchen, oder ein, bisweilen auch mehrere parallele lichte Streifen, woraus sich nachher ein weiter fortgehender leuchtender Körper zusammenballt. Dieser Körper bewegt sich mit großer Geschwindigkeit, die gewöhnlich anfangs der des Laufes der Weltkörper gleichkommt, bisweilen in Bogensprüngen, weiter fort und zwar so, daß daran eben so wohl die Wirkung einer ursprünglichen tangentiellen Bewegung, als die Wirkung der Schwere unverkennbar ist; er vergrößert sich und bildet sich zu einer feurigen Kugel aus, welche Flammen, Rauch und Funken auswirft. Diese Feuerkugel zieht gewöhnlich einen Schweif nach sich, der zunächst an der Kugel aus Flammen, die sich hinterwärts zuspitzen, und weiter nach hinten aus dem nachgelassenen Rauch und Dampfe besteht und bisweilen auch in die Länge gezogene Theile der Substanz selbst enthält: auch ist sie bisweilen von abgesonderten Theilen, die sich zu kleinen Feuerkugeln ausbilden, begleitet. Endlich zerspringt die Feuerkugel mit vielem Getöse und heftiger Erschütterung der Luft; bisweilen zerspringen auch wohl Theile derselben noch einmal, und es fallen sodann die Bestandtheile, welche nicht vorher als Rauch und Dampf verflüchtigt worden sind, als Stein- oder Eisenmassen nieder. Diese Meteorsteine, Aerolithen, sind von anderer Beschaffenheit, als die Steine, welche wir auf der Erde finden und nehmen allemal einen weit kleinern Raum ein, als die vorher beträchtlich große Feuerkugel. Am Tage hat man bei vielen Steinfällen den Anfang und den weitern Fortgang eines solchen Meteores wegen des stärkern Sonnen- und Himmelslichtes nicht gesehen; man wurde erst durch das beim

Digitized by Google

Zerplatzen entstandene Getöse darauf aufmerksam, als die Lichterscheinung schon vorüber war. Man konnte also in solchen Fällen nichts anders sehen, als ein mehr oder weniger lichtes oder dunkles Wölkchen [19]).

Es ist im hohen Grade wahrscheinlich, daß Sternschnuppen und Leuchtkugeln völlig identisch sind; wir wollen indessen hier zunächst die ersteren betrachten. Obgleich dieselben Jahrhunderte hindurch gesehen waren, so bekümmerte man sich doch wenig um ihr Wesen, ja man bemühte sich nicht einmal, die Höhe zu messen, in welcher diese Körper sich gewöhnlich befinden. Fast alles was wir in neueren Zeiten darüber erfahren haben, verdanken wir den rühmlichen Bemühungen von Benzenberg und Brandes. Beide fingen ihre Arbeiten im Jahre 1798 an, indem sie an zweien Standpunkten gleichzeitig die Sterne beobachteten, neben welchen sich Sternschnuppen zeigten, und aus der so gefundenen Parallaxe die Höhe dieser Meteore herleiteten. Auch in der Folge hat Brandes mehrfach diese Beobachtungen wiederholt, hauptsächlich geschah dieses im Jahre 1823, wo eine große Anzahl correspondirender Beobachter in Schlesien und Sachsen Beiträge zu einer nähern Kenntniß dieser problematischen Erscheinungen sammelten. Auch im Jahre 1833 wurden auf den Antrieb von Brandes Beobachtungen darüber angestellt, indessen scheinen sie wegen des bald darauf erfolgten Todes von Brandes noch nicht bearbeitet zu seyn. Aehnliche Beobachtungen stellten in England John Farey und Benjamin Bevan an, jedoch war die Entfernung beider Beobachter (6 englische Meilen) nach Chladni's richtiger Bemerkung etwas zu klein.

Wir wollen hier zunächst die Art, wie die Beobachtungen am zweckmäßigsten gemacht werden, betrachten [20]). Haben sich die beiden Beobachter über die Himmelsgegend vereinigt, auf welche sie vorzugsweise ihre Aufmerksamkeit richten wollen, so thut selbst der mit den Sternbildern schon gut bekannte Beobachter wohl, diejenigen Sternbilder, die in der erwähnten Himmelsgegend zur Zeit der eigentlichen Beobachtung stehen, oft genau

19) Chladni Feuermeteore S. 17—19.

20) Ich stütze mich dabei vorzüglich auf eine Instruction, welche mir Brandes 1833 handschriftlich mittheilte.

Digitized by Google

durchzugehen, denn je schneller man die einzelnen Theile der Sternbilder sogleich erkennt, desto mehr erleichtert man sich nachher die Arbeit und ist eher im Stande, einen höhern Grad von Genauigkeit zu erreichen. Indessen, wenn man auch nur den Umriß der Sternbilder kennt, bringt man es doch bald in der Bestimmung der Bahn einer Sternschnuppe zu einer ziemlichen Sicherheit, wenn man nur mit Ruhe die, freilich durch nichts mehr kenntliche, Linie der Bahn mit den benachbarten Sternen in Verbindung zu setzen sucht.

Zu den Beobachtungen muß man sich mit Sterncharten und einer Uhr versehen. Ein Gehülfe muß beide stets vor sich haben. Man nimmt nun seine Stellung liegend oder sitzend so, daß man den zur Beobachtung gewählten Theil des Himmels bis zum Zenith übersehe und sucht so gefaßt auf jede Erscheinung zu seyn, daß man sogleich das Auge dahin wende, wo sie sich zeigt. Bei dem Erscheinen eines Meteores giebt man sogleich dem Gehülfen ein Zeichen, daß er die Zeit notire. Man bemüht sich, die Bahn des Meteores genau im Auge zu behalten, dadurch, daß man die nächsten Sterne, über oder neben welchen sie liegt, mit der Bahn in feste Beziehung setzt; man muß die von dem Meteor durchlaufene Linie gleichsam zwischen den Sternen abgezeichnet sehen, wenn auch die wirklich sichtbare Spur lange erloschen ist. Hat man es erreicht, daß man die Bahn zwischen den nächsten Sternen festgelegt hat, so sieht man sich mit stetem Zurückkommen auf jene Sterne um, wo jene Bahn einzutragen ist (denn sehr oft ist man nicht so glücklich, während der dorthin gewandten und begränzten Aufmerksamkeit, schon die genaue Gegend des Gestirnes zu erkennen, und zeichnet sie mit Bleistift auf die entsprechende Sterncharte, wobei man nicht vergessen darf, die Zahl beizusetzen, wodurch sie im Journal bezeichnet wird. Bei diesem Fixiren der Bahn wird es nun wohl begegnen, daß man selbst eine Anfangs gute Beobachtung nicht allemal gut zu Ende bringt. Es will nämlich oft nicht sogleich gelingen, Sterne, die sich gut bemerken und wieder finden lassen, an die Bahn anzuknüpfen, man wird bei dem Bemühen irre und wird unsicher, welche Sterne es waren, die der Bahn oder dem Endpunkte nahe standen. Dies ist desto eher möglich, da der Eindruck oft so momentan ist, daß man ihn nicht hinreichend lebhaft wieder hervorrufen kann, und

Digitized by Google

da in manchen Gegenden des Himmels die größeren Sterne zu selten und die kleineren zu zahlreich sind, um sich schnell zu orientiren. In solchen Fällen ist es zwar gut, dennoch die Angabe so gut als möglich zu machen, aber doch dabei die Unsicherheit nicht zu verhehlen.

Was die Zeitbestimmung betrifft, so wird man mit Viertelminuten völlig zufrieden seyn können, da nicht leicht in kurzer Zeit zwei Sternschnuppen erscheinen, welche verwechselt werden könnten. Wer nicht astronomische Beobachtungen machen kann, um die Zeit zu bestimmen, wird wohl der Gefahr unterworfen seyn, daß seine Uhr nicht ganz genau gehe. Der Fehler wird sich, da er constant ist, meistens leicht berichtigen lassen, da eine einzige correspondirende Beobachtung die Correction der Zeit für alle giebt. — Es ist gut, in das Journal so viel zur Beschreibung, als irgend möglich ist, eintragen zu lassen, da Uebereinstimmung in den Erscheinungen die correspondirenden Sternschnuppen oft am besten kenntlich macht und auch die zuletzt gefundenen Orts- und Höhenbestimmungen mehr Werth erhalten, wenn man den dort gesehenen Gegenstand nach Größe, Farbe, Schweif, Schnelligkeit der Bewegung u. s. w. beschrieben hat. Das Eintragen der Rectascension und der Declination der Anfangs- und Endpunkte der Bahnen aus den Sterncharten muß dann am folgenden Tage geschehen, um desto sicherer vor Verwechselung zu seyn.

Hat man eine größere Zahl von Beobachtungen, so würde es unbequem seyn, sogleich alle diejenigen, welche der Zeit nach ungefähr correspondirend sind, einer genauern Berechnung zu unterwerfen, ehe man sich davon überzeugt hat, daß die Beobachtung wirklich eine und dieselbe Erscheinung zum Grunde gehabt hat. Um dies annähernd zu bestimmen, wendet Brandes folgendes Verfahren an [21]). Hat man für zwei Beobachtungsorte zwei wirklich auf denselben Punkt gerichtete Gesichtslinien, so liegen diese mit der zwischen beiden Orten gezogenen Linie in einer Ebene, oder die beiden Punkte am Himmel, wo beide Beobachter die Sternschnuppen sehen, liegen in einem durch die Sternlinie gelegten größten Kreise. Man bemerke daher auf dem Horizonte einer künstlichen Himmelskugel die Richtung, in welcher beide

21) Brandes Unterhaltungen I, 13.

Orte gegen einander liegen, stelle den Punkt in den Meridian, welcher zur Zeit der Beobachtung im Meridian stand und bemerke auf der Himmelskugel die beiden Punkte, in denen von den beiden Beobachtern das Verschwinden einer Sternschnuppe gesehen wurde. Diese beiden Punkte müssen mit jenen beiden Punkten des Horizontes in einem größten Kreise der Himmelskugel liegen, und wenn man einen in den beiden Punkten des Horizontes fest gehaltenen Faden durch den einen scheinbaren Ort der Sternschnuppe gehend an die Kugel anlegt, so muß er auch durch den andern scheinbaren Ort gehen; bleibt dieser zweite scheinbare Ort erheblich von dem Faden entfernt, so correspondiren die Beobachtungen nicht. Obgleich sich nun wegen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler die angegebenen Richtungslinien selten wirklich schneiden, so läßt sich doch aus jener Vergleichung sehen, wie weit sie ungefähr neben einander vorbeigehen und wie viel Grade Fehler man den Beobachtungen zuschreiben muß, wenn sie als correspondirende sollen angesehen werden.

Hat man dieses gethan, so kommt es auf die nähere Berechnung an. Brandes [22]) und Olbers [23]) haben Formeln dazu angegeben; die von dem Letztern gegebene Gleichung hat Brandes späterhin auf folgende Art hergeleitet [24]).

Es sey (Taf. III. Fig. 1.) A der eine, B der andere Beobachtungsort auf der Erde, deren Mittelpunkt, Pol und Aequator in C, P und NQM liegen, und es sey X der beobachtete Punkt. Werden von A, B, X Perpendikel auf die Ebene des Aequators gefällt, so stellen a, b, x die Projectionen dieser drei Punkte vor. Es sey nun A_x die Rectascension des in B culminirenden Punktes des Aequators, B_x die geographische Breite von B und R_x sein Abstand vom Mittelpunkte der Erde, und eben dieses bedeuten A_2, B_2 und R_2 für den Punkt A, so ist $Cb = R_x \cos B_x$; $Ca = R_2 \cos B_2$ und $\angle aCb = A_2 - A_x$. Setzt man nun die scheinbare Rectascension des Meteors von B aus gesehen $= a_x$, seine scheinbare Declination in $B = b_x$ und bedeuten a_2 und b_2 eben dieses für den zweiten Punkt A, so ist $xbL = a_x - A_x$,

xaK

22) Benzenberg Bestimmung der geogr. Länge S. 38.

23) Das. S. 132.

24) Brandes Unterhaltungen I, 15.

Digitized by Google

$xaK = a_2 - A_2$, und wenn x die Rectascension der Mitte des Himmels für den Punkt U bedeutet, wo das Meteor im Zenith stand, so ist $xCa = x - A_2$, $xCb = x - A_1$. Man hat also

$$Cx = \frac{Cb \,.\, \sin xbL}{\sin xCb} = \frac{Ca \,.\, \sin xaK}{\sin Cxa}, \text{ d. h.}$$

$$Cx = \frac{R_1 \,.\, \cos B_1 \,.\, \sin (a_1 - A_1)}{\sin (a_1 - x)} = \frac{R_2 \cos B_2 \,.\, \sin (a_2 - A_2)}{\sin (a_2 - x)}$$

und hieraus ergiebt sich

$$\text{tang } x = \frac{R_1 \cos B_1 \sin (a_1 - A_1) \sin a_2 - R_2 \cos B_2 \,.\, \sin (a_2 - A_2) \sin a_1}{R_1 \cos B_1 \sin (a_1 - A_1) \cos a_2 - R_2 \cos B_2 \sin (a_2 - A_2) \cos a_1}$$

daraus erhält man $x - A_1$, d. h. den Längenunterschied zwischen dem Beobachtungsorte B und dem Orte, wo das Meteor im Zenith stand.

In eben diesen Dreiecken ist auch

$$bx = \frac{Cx \,.\, \sin xCb}{\sin xbL} = \frac{R_1 \,.\, \cos B_1 \,.\, \sin (x - A_1)}{\sin (a_1 - x)}$$

$$ax = \frac{R_2 \,.\, \cos B_2 \,.\, \sin (x - A_2)}{\sin (a_2 - x)}$$

Ist nun $Bv \# bx$, $Aw \# ax$, so ist $Bv = bx$, $Aw = ax$. Eben so ist xBv die scheinbare Declination des Meteores von B aus gesehen und

$$vX = \frac{R_1 \,.\, \cos B_1 \,.\, \sin (x - A_1) \text{ tang } b_1}{\sin (a_1 - x)}$$

Da nun $bB = vx = R_1 \,.\, \sin B_1$ ist, so erhält man für die geographische Breite $y = XCx$ des Ortes, wo X im Zenith steht,

$$\text{tang } . \, y = \frac{xv + vX}{Cx} \text{ d. h.}$$

$$\text{tang } . \, y = \frac{\text{tang } b_1 \,.\, \sin (x - A_1) + \text{tang } B_2 \,.\, \sin (a_1 - x)}{\sin (a_1 - A_1)}$$

Eben so hätte man erhalten

$$\text{tang } y = \frac{\text{tang } b_2 \,.\, \sin (x - A_2) + \text{tang } B_2 \,.\, \sin (a_2 - x)}{\sin (a_2 - A_2)}$$

Eben so erhält man für den Abstand vom Mittelpunkte der Erde

$$CX = \rho = \frac{Cx}{\cos y} = \frac{R_1 \,.\, \cos B_1 \,.\, \sin (a_1 - A_1)}{\cos y \,.\, \sin (a_1 - x)}$$

$$= \frac{R_2 \,.\, \cos B_2 \,.\, \sin (a_2 - A_2)}{\cos y \,.\, \sin (a_2 - x)}$$

Digitized by Google

Der Abstand vom ersten Beobachtungsorte ist

$$Bv \cdot \sec \cdot b_r = \frac{R_1 \cdot \cos B_1 \cdot \sin (x - A_1)}{\sin (a_1 - x) \cdot \cos b_1}$$

Der Abstand vom zweiten Beobachtungsorte ist

$$= \frac{R_2 \cdot \cos B_2 \cdot \sin (x - A_2)}{\sin (a_2 - x) \cos b_2}$$

Die beiden Werthe, welche wir oben für tang. y gefunden haben, sollten in aller Strenge gleich seyn; da aber die Gesichtslinien selten so genau angegeben sind, daß sie sich wirklich schnitten, so werden beide Werthe fast immer etwas verschieden seyn. Die Differenz derselben kann dazu dienen, die Genauigkeit der Beobachtungen zu beurtheilen. Ist nun die Abweichung nur so beschaffen, daß man nicht genöthigt ist, die Beobachtungen zu verwerfen, so ist nach der Bemerkung von Brandes das arithmetische Mittel der beiden Werthe von y und ρ keinesweges das genaueste Resultat, welches man aus den Beobachtungen herleiten kann.

Wenn nämlich der eine oder der andere Beobachter oder beide den Punkt, wo das Meteor verschwindet, nicht genau bemerkt haben, sondern einer oder beide ihn um einen Grad oder mehr fehlerhaft angeben, so werden sich gewöhnlich diese Gesichtslinien nicht einander schneiden; man muß demnach die beiden Punkte suchen, in denen diese beiden neben einander vorbeilaufenden Gesichtslinien sich am nächsten kommen; der in der Mitte zwischen beiden liegende Punkt ist derjenige, in welchen wir mit der meisten Wahrscheinlichkeit den Ort des beobachteten Meteores verlegen müssen. Aber dieses Mittel stimmt mit dem Mittel der Formel von Olbers nicht überein, weil in der letztern angenommen wird, x sey richtig bestimmt und folglich durch die beiden Werthe, die man für y und ρ erhält, Punkte bestimmt worden, deren Projection auf den Aequator in einen einzigen zusammenfällt, was bei den zwei Punkten, die einander am nächsten sind, nicht einzutreffen braucht.

Um demnach bei den Rechnungen die Genauigkeit zu erreichen, welche der Natur der Sache nach möglich ist, hat Brandes bei dem größern Theile der Beobachtungen die beiden einan-

Digitized by Google

der am nächsten liegenden Punkte der Gesichtslinien auf folgende Weise bestimmt.

Die Lage der beiden Beobachtungspunkte wird vermittelst ihrer Projection auf den Aequator und des senkrechten Abstandes von der Ebene des Aequators angegeben, so daß die erste Coordinate in den Meridian des ersten Ortes, die zweite hierauf senkrecht in der Ebene des Aequators, die dritte senkrecht auf den Aequator genommen wird; dann ist für den ersten Beobachtungsort

erste Coordinate $Cb = R \cdot \cos B_1$
zweite Coordinate $= o$
dritte Coordinate $Bb = R \sin B_1$

für den zweiten Beobachtungsort ist

erste Coordinate $C\alpha = R \cdot \cos B_2 \cdot \cos (A_2 - A_1)$
zweite Coordinate $a\alpha = R \cdot \cos B_2 \cdot \sin (A_2 - A_1)$
dritte Coordinate $Aa = R \cdot \sin B_2$

wobei R für beide Orte gleich angenommen wird. Für irgend einen Punkt X der ersten Gesichtslinie lassen sich die übrigen Coordinaten angeben, wenn man die

erste Coordinate $C\xi = R \cdot \cos B_1 + u = Cb + b\xi$

unbestimmt läßt; dann nämlich wird die

zweite Coordinate $\xi x = u \cdot \text{tang} (a_1 - A_1)$
dritte Coordinate $xX = R \sin B_1 + u \sec (a_1 - A_1) \cdot \text{tang} b_1$

weil nämlich $xb\xi = a_1 - A_1$ und $bx = Bv = u \sec (a_1 - A_1)$ ist, welches mit $\text{tang} b_1$ multiplicirt angiebt, um wie viel der zu bestimmende Punkt in der Gesichtslinie mehr als der Beobachtungspunkt von der Ebene des Aequators entfernt liegt. Genau eben so wird ein Punkt in der zweiten Gesichtslinie bestimmt. Es ist nämlich

erste Coordinate $= R \cdot \cos B_2 \cdot \cos (A_2 - A_1) + v = C\alpha + v$
zweite Coordinate $= R \cdot \cos B_2 \cdot \sin (A_2 - A_1) + v \,\text{tang} (a_2 - A_1)$
dritte Coordinate $= R \cdot \sin B_2 + v \cdot \sec (a_2 - A_1) \cdot \text{tang} b_2$

Die Entfernung dieser beiden Punkte, von welchen der eine in der einen, der zweite in der andern Gesichtslinie liegt, wird gefunden, wenn man die Quadrate der Differenzen jeder zwei zusammen gehörenden Ordinaten in eine Summe bringt und daraus die

Digitized by Google

Quadratwurzel zieht. Es ist also das Quadrat dieser Entfernung

$$\{R\cos B_1 - R\,.\cos B_2\,.\cos(A_2 - A_1) + u - v\}^2$$
$$+\{u\,.\tang(a_1 - A_1) - R\,.\cos B_2\,.\sin(A_2 - A_1) - v\,.\tang(a_2 - A_1)\}^2$$
$$+\{R\,.\sin B_1 - R\,.\sin B_2 + u\,.\tang b_1\,.\sec(a_1 - A_1) - v\,.\tang b_2\,.\sec(a_2 - A_1)\}^2$$

Setzen wir

$$h = R\{\cos B_1 - \cos B_2\,.\cos(A_2 - A_1)\}$$
$$k = R\,.\cos B_2\,.\sin(A_2 - A_1)$$
$$l = R(\sin B_1 - \sin B_2)$$
$$m = h + k\,.\tang(a_1 - A_1) + \frac{l\,.\tang b_1}{\cos(a_1 - A_1)}$$
$$n = -h + k\,.\tang(a_2 - A_1) - \frac{l\,.\tang b_2}{\cos(a_2 - A_1)}$$
$$p = \sec^2(a_1 - A_1)\,.\sec^2 b_1$$
$$r = \sec^2(a_2 - A_1)\,.\sec^2 b_2$$
$$q = -\frac{\cos(a_2 - a_1) + \tang b_1\,.\tang b_2}{\cos(a_1 - A_1)\,.\cos(a_2 - A_1)}$$

so wird jenes Quadrat

$$S^2 = h^2 + k^2 + l^2 + 2mu + 2nv + pu^2 + 2quv + rv^2$$

Soll dieser Abstand am kleinsten seyn, so muß das Differential von S sowohl in Beziehung auf u, als in Beziehung auf v verschwinden, also

$$m + pu + qv = o$$
$$n + rv + qu = o$$

seyn; folglich $u = \frac{rm - qn}{q^2 - pr}$

$$v = \frac{pn - qm}{q^2 - pr}$$

seyn. Dadurch erhält man die Coordinaten der beiden Punkte, wo sich die Gesichtslinien am nächsten kommen und dieser kleinste Abstand selbst wird

$$S = \sqrt{(h^2 + k^2 + l^2 + mu + nv)}.$$

Dieser kleinste Abstand entscheidet zugleich, ob die beiden der Beobachtung zum Grunde gelegten Beobachtungen eine und dieselbe

Digitized by Google

Sternschnuppe zum Gegenstande hatten; gehen nämlich die Gesichtslinien so weit neben einander vorbei, daß die kleinste Abstandslinie jedem der Beobachter über 3 oder 4 Grad groß erscheinen müßte, so ist die Uebereinstimmung unwahrscheinlich.

Die Entfernung der Sternschnuppen von der Oberfläche der Erde ist sehr verschieden [25]), indem ihre Höhe zwischen einer und 50 Meilen schwankt, ja bei einigen derselben scheint dieselbe die Größe von 100 Meilen überstiegen zu haben. In diesem Raume sind sie nicht gleichförmig vertheilt, indem nur sehr wenige eine Höhe haben, welche kleiner als 3 Meilen ist; die meisten bewegen sich in einer Höhe, welche zwischen 6 und 20 Meilen liegt, und wenn wir das Mittel sämmtlicher von Brandes beobachteten Sternschnuppen nehmen, so erhalten wir etwa 15 Meilen als mittlere Höhe.

Die meisten Sternschnuppen kommen nach unten, aber manche gehen horizontal und selbst aufwärts; man hat sogar mehrmals Sternschnuppen beobachtet, welche in einer hufeisenförmig nach unten gekrümmten Bahn erst niederwärts und dann wieder aufwärts gingen, wie dieses namentlich von Benzenberg, Bode, Chladni und Schreibers gesehen ist [26]); in andern Fällen hat man auch eine geschlängelte Bahn bemerkt, wovon Brandes und Chladni mehrere Beispiele anführen. Es scheint zwar, als ob die horizontale Richtung nach allen Himmelsgegenden gehen könne, aber dennoch hat sich nach den Beobachtungen von Brandes die Zahl der nach SW ziehenden als überwiegend groß gezeigt. In 36 Fällen nämlich, wo die Bahnen genauer bestimmt werden konnten, sind 26 herabwärts geneigte, 9 aufwärts gehende und eine horizontale; 13 Bahnen sind nun nicht volle 45° von der niederwärs gehenden Verticallinie entfernt, 14 zwischen 45° und der horizontalen Richtung, 8 zwischen der horizontalen Richtung und 135° und nur eine, die noch mehr aufwärts geht. In Rücksicht des Azimuthes gehen unter 34 Bahnen 25 südlich und 11 nördlich, 21 westlich und 13 östlich. Wir sehen hieraus, daß diese Körper zwar der Schwere unterworfen sind, daß sie aber auch zugleich von Kräften getrieben

25) Brandes Unterhaltungen I, 53.

26) Chladni Feuer-Meteore S. 25 u. 86.

werden, welche mächtig genug wirken können, um ihnen eine der Schwere entgegengesetzte Richtung zu ertheilen. Eben so scheint die Richtung nach SW sich als die vorwaltende zu zeigen, denn wenn man alle diejenigen zusammen nimmt, deren Richtung näher bei SW als bei NO liegt, oder deren Azimuth kleiner als 135° westlich und 45° östlich ist, so erhält man deren 25, während in dem andern Halbkreise nur 9 liegen. Diese Bewegung dürfte wohl eine Folge von der Bewegung der Erde seyn, denn ein ruhender Körper, welchen die Erde auf ihrer Bahn anträfe, würde sehr nahe nach jener Richtung zurückbleiben, und uns mithin nach einer der Bewegung der Erde entgegengesetzten Richtung fortzugehen scheinen. Die Geschwindigkeit der Sternschnuppen beträgt etwa 4 bis 8 Meilen in der Secunde. Da nun die Erde mit etwa 4 Meilen Geschwindigkeit in der Secunde fortrückt, so sollten sich diejenigen am schnellsten bewegen, deren eigene Bewegung nach Westen gerichtet ist, indessen reichen die bisherigen Beobachtungen noch nicht aus, um hierüber etwas zu entscheiden.

Zuweilen sind die Sternschnuppen sehr hell und glänzend; ließe sich dabei der scheinbare Durchmesser mit Genauigkeit angeben, so würde man auch im Stande seyn, aus der bekannten Entfernung die Größe der Sternschnuppen zu bestimmen. Indessen scharfe Messungen sind wegen der Beschaffenheit und Vergänglichkeit des Phänomenes nicht möglich und auch eine jede Schätzung ist vielen Fehlern unterworfen, da wir fast überall einem leuchtenden Gegenstande einen zu großen scheinbaren Durchmesser beilegen. Mehrmals hat es Brandes versucht, die Dimensionen der Sternschnuppe annähernd zu bestimmen. So hatte eine Sternschnuppe einen Durchmesser von 120 Fuß, und der Schweif, welcher mehrere Secunden hindurch sichtbar blieb, bildete einen 3 oder 4 Meilen langen Cylinder von diesem Durchmesser [27]).

Ferner zeigen die Beobachtungen, daß die Sternschnuppen, welche schnell nach einander erscheinen, wenigstens zuweilen ziemlich in derselben Gegend sind. Daß aber zwischen denen, welche an demselben Abend erscheinen, irgend eine Uebereinstimmung Statt finde, möchte sich wohl nicht behaupten lassen, da die Messungen

27) Brandes Unterhaltungen I, 42.

Digitized by Google

zeigen, daß an einem und demselben Abend Sternschnuppen in sehr verschiedenen Höhen erscheinen. Es scheint endlich sehr wahrscheinlich, daß in den niedrigeren Regionen der Atmosphäre, in 1 oder 2 Meilen Höhe, kleinere Sternschnuppen vorkommen, da alle recht glänzenden, von denen correspondirende Beobachtungen vorkommen, in Höhen von mehr als 5 Meilen erscheinen.

Die Zahl der Sternschnuppen, welche während einer Stunde erscheinen, schätzt Benzenberg auf acht [28]); zuweilen jedoch erscheinen sie weit häufiger. Chladni führt mehrere Beispiele davon an [29]). So z. B. im Jahre 533, wo man sie vom Abend bis an den Morgen in solcher Menge sah, daß es großes Schrecken erregte und man glaubte, nie etwas so Wunderbares gesehen zu haben; im Jahre 763 im März, wo man glaubte, das Ende der Welt sey da; im Jahre 1096 mehrere Nächte hindurch. Eben so zählte Brandes in der Nacht vom 6—7. December 1798 an 480 Sternschnuppen; im Anfange der Nacht waren in jeder Stunde über 100, und dieses ging über 3 Stunden fort, an einer Stelle, welche lange nicht den fünften Theil des Himmels betrug [30]); vielleicht mochten damals mehr als 2000 über dem Horizonte sichtbar seyn [31]).

Eben so sah Humboldt [32]) in Cumana während der Nacht vom 11 bis 12. Novbr 1799 eine große Zahl derselben. Sie erschienen am östlichen Himmel, in einem Raume, welcher sich 30° nördlich und südlich vom wahren Ostpunkte erstreckte. Sie erhoben sich hier über dem Horizonte, durchliefen mehr oder weniger große Bögen und gingen dann in der Richtung des Meridianes nach Süden; eben diese große Uebereinstimmung in der Richtung wurde auch in Neu-Barcellona beobachtet. Einige erreichten eine Höhe von 40°, alle aber erhoben sich höher als 25° bis 30°. Alle ließen hinter sich Lichtstreifen von 8 bis 10° Länge, deren Phosphorescenz etwa 7 bis 8 Secunden dauerte. Einige von ihnen hatten einen sehr bestimmten Kern, etwa von der Größe

28) Benzenberg geogr. Länge S. 15.

29) Chladni Feuermeteore S. 88.

30) Benzenberg geogr. Länge S. 139.

31) Brandes Beiträge S. 407.

32) Humboldt Voyage IV, 35.

Digitized by Google

der Jupiterscheibe, und von ihm gingen lebhaft glänzende Funken aus. Das Licht derselben war weiß. Dieses Phänomen zeigte sich in der angegebenen Richtung von 2 bis 6 Uhr Morgens in Cumana (10° 27′ 52″ N, 66° 30′ W. Paris), in Porto Cabello (10° 6′ 52″ N und 67° 5′ W), so wie an den Gränzen Brasiliens in der Nähe des Aequators und in 70° westlicher Länge. Im französischen Guiana (4° 56′ N und 54° 35′ W) sah man den nördlichen Himmel gleichsam brennen, indem die Sternschnuppen sich gleich einem Feuerwerke erhoben. Eben diese Erscheinung sah Ellicott [33]) in der Bahama-Straße in 25° N und 81° 50′ W. Die Sternschnuppen zeigten sich hier allenthalben am Himmel und bewegten sich nach allen Richtungen. Einige schienen senkrecht herabzukommen, und man glaubte in jedem Augenblicke, daß einige auf das Schiff fallen würden. In Labrador sah man dieselben in Nain (56° 55′ N) und Hoffenthal (58° 4′ N), so wie auf Grönland in Lichtenau (61° 5′ N.) und Neu-Herrenhut (64° 14′ N, 52° 20′ W). Endlich sah der Prediger Zeißing in Itterstädt bei Weimar (50° 59′ N, 9° 1′ O) am 12ten Novbr zwischen 6^h und 7^h Morgens (wo es in Cumana $2\frac{1}{2}^h$ war) einige Sternschnuppen von sehr weißem Lichte. Bald darauf erschienen in Süd und Südwest Lichtstreifen von 4 bis 6 Fuß Länge, welche röthlich waren. Während der Morgendämmerung sah man zwischen 7 und 8^h Morgens den südwestlichen Himmel von Zeit zu Zeit durch weißliche Blitze erleuchtet, welche den Horizont schlangenförmig durchliefen. Würde angenommen, daß man allenthalben dieselbe Erscheinung gesehen habe, so müßten die Sternschnuppen eine Höhe von wenigstens 44 Stunden (lieues) gehabt haben; doch ist auch Humboldt geneigt, anzunehmen, daß die einzelnen Beobachter zwar gleichzeitige, aber verschiedene Phänomene gesehen haben.

Auch am 10ten August 1815 sollen sich, wie Chladni von einem glaubwürdigen Beobachter hörte, des Abends ungeheuer viele Sternschnuppen gezeigt haben [34]).

---

33) Phil. Trans. of the American society VI, 29 bei Humboldt l. l. p. 43.

34) Chladni Feuer-Meteore S. 89.

Digitized by Google

In neueren Zeiten hat man mehrmals sehr viele Sternschnuppen beobachtet. Namentlich war dieses zuerst in der Nacht vom 12ten auf den 13ten Novbr 1832 der Fall und Nöggerath, Gautier und Poggendorff haben darüber eine Menge von Beobachtungen zusammengestellt [35]). Es zeigten sich nämlich während dieser ganzen Nacht von 9^h Abends bis zum Anbruche des Tages Hunderte von Sternschnuppen, untermischt mit vielen kleinen und größeren Feuerkugeln, welche sich in allen Richtungen bewegten, oft auch auf- und niederwärts, bogenförmig oder gegen einander flogen, lange feurige Schweife nach sich zogen, aus denen zuweilen Funken und Lichtbüschel seitwärts hervorschossen, dabei außerordentlich stark, oft mehrere Minuten lang und unter Veränderung ihrer Gestalt merklich mit Farbe leuchteten. Man sah die Erscheinung in England (Portsmouth, Sheffield und Malvern), in Frankreich (in den Depart. Calvados, de l'Orne, du Jura und in Grenoble), in der Schweiz (Genf, Lausanne und Canton Bern), in Deutschland (Frankfurt am Main, Stuttgart, Carlsruhe, Trier, Köln, Düren, Düsseldorf, Schwelm, Lennep, Salzuffeln, Berlin); eben so wurde es in Brüssel, Lüttich, Riga, Petersburg, Odessa, Suczawa in der Bukowina und Sudsha im Gouvernement Kursk gesehen. An dem letztern Orte zeigte sich um 5^h Morgens in der Nähe des Horizontes eine blaß weißliche Wolke, wie ein Gürtel, mit mehr oder minder hellen purpurrothen Stellen, ähnlich dem Dämmerungslicht oder dem Abglanz einer entfernten Feuersbrunst; es schien, als ob ringsum am Himmel die Sonne aufgehen wollte. Die Sternschnuppen, welche sich an den höheren Theilen des Himmels zeigten, hatten keine Beständigkeit in der Richtung; man sah dergleichen bald von Ost vertical gegen den südlichen oder nördlichen, bald vom südlichen zum östlichen oder westlichen sich bewegen. Beim Auflösen eines jeden Meteores sprühte eine blaß violette Flamme hervor; der untere Endpunkt und mehr noch der mit Sternenlicht glänzende Bahnstreifen selbst, war bisweilen bläulich oder grünlich und verschwand dann; mitunter sah man ihn aber auch eine

35) Nöggerath in Schweigger's Jahrb. LXVI, 328. LXVII, 263. Gautier in Biblioth. univ. LI, 189. und Poggendorff's Ann. XXIX, 447.

Digitized by Google

gekrümmte Form annehmen, dabei purpurroth und nur allmählig blässer werden.

Eine eben solche Zahl von Sternschnuppen wurde am 13ten November 1833 in den Morgenstunden in vielen Gegenden der Vereinigten Staaten beobachtet und Olmsted hat die sämmtlichen ihm bekannt gewordenen Nachrichten über dieses Phänomen zusammengestellt [36]). Ausführlichere Beschreibungen des Vorganges erhielt er aus Boston in Massachusets (42° 21′ N und 71° 4′ W von Greenw.), New-Haven in Connecticut (41° 18′ N, 72° 58′ W.), Westpoint (41° 24′ N, 73° 57′ W), Worthington in Ohio (40° 4′ N, 83° 3′ W), Annapolis in Maryland (39° N, 76° 43′ W), Emmittsburg in Maryland (39° 40′ N, 77° 10′ W), Frederik in Maryland (39° 24′ N, 77° 28′ W), Bowling-Green in Missouri (39° 20′ N, 91° W), Lynchburg in Virginien (37° 30′ N, 79° 22′ W), Salisbury in Nord-Carolina (35° 39′ N, 80° 25′ W) und Augusta in Georgien 33° N und 82° W). Eben dieses Phänomen sah der Schiffer Gideon Parker, welcher sich mit dem Schiffe Junior im Mexicanischen Meerbusen befand, in 26° N und 85° 20′ W, und ein anderes Schiff in 25½° und 82° W; dazu kommen noch: ein Beobachter zu Halifax in Neu-Schottland, Mallory in Matanzas auf Cuba, und ein Beobachter in Kingston auf Jamaica. Es war demnach das Phänomen von 18° bis 43° N und von 61° bis 91° W sichtbar. Um 7 Uhr Abends am 12ten November bemerkte der Feldmesser Palmer zu New-Haven einen röthlichen Dunst, welcher anfangs unten am südlichen Horizonte erschien, allmählig aber an dieser Seite des Himmels bis zum Zenith heraufstieg. Er war sehr dünn, verdunkelte aber doch die kleineren Sterne. Von 9ʰ Abends fingen die Meteore an sich zu zeigen; von 2ʰ bis 5ʰ Nachts, an einigen Orten um 4ʰ, erreichte das Schauspiel das Maximum seiner Ausbildung und blieb mit abnehmender Stärke bis zum Anfange des Tages sichtbar. Olmsted, welcher sie erst von 4¼ʰ an sah, sagt, die Erscheinung habe Alles übertroffen, was er je in der Art gesehen hätte. Eine ununterbrochene Reihe von Feuerkugeln ging raketenähnlich von einem wenige Grade süd-

36) Poggendorff's Ann. XXXIII, 190, aus Silliman American Journal Bd. XXV.

Digitized by Google

lich vom Zenith liegenden Punkte aus in allen Richtungen längs dem Himmelsbogen gegen den Horizont. Sie begannen ihre Bahn in verschiedenen Abständen von jenem Punkte, bewegten sich aber durchweg in solchen Richtungen, daß die von ihnen beschriebenen Linien aufwärts verlängert, einen und denselben Punkt des Himmels getroffen haben würden. Um diesen Punkt war ein kreisrunder Fleck von mehreren Graden, in welchem keine Meteore beobachtet wurden. Gewöhnlich ließen die Feuerkugeln beim Herabfahren am Himmelsgewölbe einen lebhaften Lichtstreif hinter sich und bei ihrem Verschwinden explodirten sie, oder lösten sich in Rauch auf. Dabei war kein Knall oder sonstiges Geräusch zu hören, obwohl aufmerksam darnach gehorcht wurde.

Außer diesen distincten Massen zeigte die Atmosphäre phosphorische Linien als Gefolge eines Zuges kleiner Punkte, die in größter Fülle in einer nordwestlichen Richtung fortschossen. Diese copirten nicht so ganz die Gestalt des Himmels, sondern bewegten sich mehr in geradlinigen Bahnen und schienen dem Beobachter näher zu seyn, als die Feuerkugeln. Das Licht ihrer Schweife war bläßer, nicht unähnlich den Zügen, welche man im Dunkeln durch Schreiben mit Phosphor auf eine Wand hervorbringen kann. Die Zahl dieser Lichtzüge nahm wechselsweise zu und ab; sie durchschnitten das Gesichtsfeld ab und zu, wie vom Winde getriebener Schnee, obwohl in Wirklichkeit ihr Lauf gegen den Wind gerichtet war.

Von diesen beiden Varietäten zeigten sich dem Beobachter Meteore von verschiedener Größe und verschiedenem Glanze. Einige waren bloße Punkte, andere aber größer und heller als Jupiter und Venus, eins soll die scheinbare Größe des Mondes gehabt haben. Das Aufblitzen, obgleich weniger intensiv als eigentliche Blitze, war so hell, daß die Bewohner in ihren Betten geweckt wurden. Eine Kugel, welche in nordwestlicher Richtung fortschoß und ein wenig nordwärts von Capella zersprang, ließ genau hinter dem Orte des Zerspringens einen phosphorescirenden Schweif von besonderer Schönheit zurück. Dieser Schweif war anfangs fast gerade, bald aber begann er kürzer und breiter zu werden und die Gestalt einer sich aufrollenden Schlange anzunehmen, bis er endlich als eine kleine leuchtende Dampfwolke erschien. Das Licht der Meteore war gewöhnlich weiß, hin und wieder auch prismatisch, mit Vorwalten des Blau.

Digitized by Google

Ein Viertel vor 6^h schien es der Gesellschaft, worin sich Olmstedt befand, als habe der Punkt der scheinbaren Radiation sich ostwärts vom Zenith ab bewegt; er bestimmte denselben deshalb und fand ihn bei γ im Löwen. Nach Verlauf von einer Stunde nahm der Punkt noch dieselbe Stelle im Löwen ein, wiewohl dieses Gestirn vermöge der täglichen Drehung der Erde um nahe 15° nach Westen gerückt war.

Eins der interessantesten Resultate sämmtlicher Beobachtungen ist, daß im Allgemeinen die Bahnen der Meteore scheinbar von einem Punkte ausgingen und daß dieser Punkt eine feste Lage gegen die Sterne hatte, also an der Rotation der Erde nicht Theil nahm. Der kreisrunde Raum, welcher zunächst an dem Punkte lag, in welchem sich sämmtliche Bahnen vereinigten, zeigte keine Sternschnuppen; indessen Palmer, welcher die Erscheinung schon seit 2^h beobachtet hatte, bemerkt, er habe auf dem Rücken liegend sehr viele kurze Lichtlinien darin wahrgenommen, welche sich träge bewegten und hauptsächlich auf den nördlichen Theil jenes Raumes beschränkt waren. Außerdem zeichnete sich jene Stelle durch ihre Helligkeit vor den anliegenden Theilen des Himmels aus, und nahm allmählig an Größe zu. Da fast alle Beobachter diesen Mittelpunkt in die Nähe von γ Leonis verlegen, so müssen wir nothwendig annehmen, daß die Bahnen der Meteore ursprünglich unter sich parallel waren und daß ihre Divergenz nur auf optischer Täuschung beruhte. Aus der Zusammenstellung aller Thatsachen folgert Encke [37]), daß der Punkt der scheinbaren Radiation der Meteore nahe mit demjenigen zusammenfiel, auf welchen die Erde zur Zeit der Sichtbarkeit des Phänomenes zueilte.

Das letzte großartige Phänomen dieser Art ist das Erscheinen vieler Sternschnuppen in der Nacht vom 13ten auf den 14ten November 1834 [38]). Nach Olmsted, welcher es beobachtete, trat es um 1 Uhr Morgens ein und dauerte bis zum Anbruche des Tages. Auch dieses Mal schienen die Sternschnuppen aus einem gemeinschaftlichen Mittelpunkte zu strahlen und dieser lag eben so wie 1833 im Sternbilde des Löwen. Eben so viele

37) Poggendorff's Annalen XXXIII, 213.

38) Das. XXXIV, 130.

Digitized by Google

Sternschnuppen sah v. Baratta zu Budischan in Mähren am Morgen des 14ten Novbr von $4\frac{1}{2}$ Uhr bis zum Tagesanbruch.

Allerdings ist das Erscheinen so ausgezeichneter Phänomene dieser Art in den Tagen vom 11ten bis 14ten November etwas Merkwürdiges. Schon Brandes hatte die Vermuthung aufgestellt [39]), daß im Herbste die Sternschnuppen zahlreicher seyen, als im Frühlinge, und eben dieses bestätigen auch seine späteren Beobachtungen [40]). Da ältere Meteorologen und Astronomen auf diese Phänomene sehr wenig geachtet haben, so ist es mir nicht möglich gewesen, ausführliche Nachrichten von ähnlichen Erscheinungen zu finden, welche früher um dieselbe Jahreszeit gesehen sind. Vielleicht lassen sich folgende Notizen hieher ziehen. Am 9ten November 1771 an einem trüben Tage sah Pfarrer Höslin zu Böringen auf der schwäbischen Alp in SW eine Feuerkugel [41]). Eben so bemerkt Hemmer, welcher diese Erscheinungen nicht häufig aufzeichnet, daß sich am 9ten und 10ten Novbr 1787 in Mannheim Sternschnuppen gezeigt hätten. Im November 1786 sah man in Neu-Spanien in der Pfarrei von Urecho zwei Nächte hinter einander Feuerkugeln [42]). 1791 am 12ten November um 6^h 39′ Morgens sahen Lichtenberg in Göttingen und Schröter in Lilienthal eine lebhafte Lichterscheinung [43]). 1813 am 8ten November Abends sah man in England viele Sternschnuppen [44]), und am 10ten November eine Feuerkugel; eben so wurden 1818 am 13ten, 18ten und 19ten November Abends viele Sternschnuppen und Feuer-Erscheinungen gesehen [45]). 1822 am 12ten November sah Klöden in Potsdam eine helle Feuerkugel um $9\frac{1}{2}^h$ Abends; an diesem Tage und dem folgenden zeigten sich viele Sternschnuppen [46]). Ob ein

39) Brandes Beiträge S. 407.

40) Brandes Unterhaltungen I, 65.

41) Höslin Witterungsbeobachtungen. 4. Tübingen 1784. S. 150. Bei Chladni wird dieselbe nicht erwähnt.

42) Chladni Feuer-Meteore S. 131.

43) Lichtenberg Vermischte Schriften VIII, 58.

44) Chladni Feuer-Meteore S. 156.

45) Das. S. 167.

46) Poggendorff's Ann. II, 219.

Digitized by Google

Meteorstein, welcher in diesem Monate in Hindostan herabfiel [47]), mit dieser Erscheinung von Sternschnuppen zusammenhängt, läßt sich um so weniger bestimmen, da der Tag des Herabfallens nicht angegeben ist.

Es ist wahrscheinlich, daß diese Meteore sich durchschnittlich zu allen Zeiten der Nacht in gleicher Menge zeigen; erscheinen dieselben uns nicht bei Tage, so liegt der Grund unstreitig darin, daß die Helligkeit des Sonnenlichtes uns an einer Wahrnehmung derselben verhindert. Indessen hatten Schröter, Bode und andere Astronomen während des Tages Lichtpunkte durch das Fernrohr gehen sehen, welche Chladni [48]) und Benzenberg [49]) für Sternschnuppen zu halten geneigt waren. Auffallender war indessen die Erscheinung, welche Hansteen [50]) am 13ten August 1823 bemerkte, indem ein hell leuchtender Punkt sich durch das nach dem Polarsterne gerichtete Fernrohr bewegte, dessen Glanz lebhafter als der des Sternes war, und welchen der Beobachter für eine Sternschnuppe hielt. Gegen diese letztere Ansicht von der Beschaffenheit des glänzenden Punktes macht Dick verschiedene Einwendungen und glaubte sich berechtigt, ihn für den Abglanz der Federn in der Ferne fliegender Vögel zu halten [51]); jedoch hält Arago, welcher ähnliche Lichtpunkte öfter bei Sonnenbeobachtungen gesehen hat, diese Vorstellung nicht für allgemein gültig. Auch mir scheint es nicht unwahrscheinlich, daß der von Hansteen gesehene Lichtpunkt wirklich eine Sternschnuppe gewesen sey, auf keinen Fall aber können wir auf sie die Erklärung anwenden, welche Göbel von den in der Nähe der Sonne gesehenen Lichtpunkten giebt, wonach diese von Staubtheilchen herrühren, welche die nothwendig in der Röhre entstehenden Luftströmungen von der Blendung des Oculares losreißen [52]).

---

47) Poggendorffs Ann. XVIII, 179.

48) Chladni Feuer-Meteore S. 21.

49) Benzenberg geogr. Länge S. 147.

50) Magazin for Naturvidenskaberne II, 314. Poggendorff's Ann. IX, 525.

51) Poggendorff's Ann. VI, 244.

52) Das XIV, 69.

Digitized by Google

Ob sich in der Zahl und Häufigkeit der Sternschnuppen eine Abhängigkeit von der geographischen Lage der Orte zeige, läßt sich bis jetzt nicht mit hinreichender Sicherheit angeben, da das Phänomen noch nicht mit hinreichender Aufmerksamkeit verfolgt ist. Reisende nach den wärmeren Regionen der Erde erwähnen dort die Häufigkeit der Sternschnuppen, so Molina in Chili [53]), Martius in Brasilien [54]), Niebuhr in Arabien [55]). Eben so sah Humboldt [56]) in der Nähe der Canarischen Inseln sehr viele Sternschnuppen, und er glaubt aus seinen Beobachtungen folgern zu dürfen, daß diese Erscheinungen in einigen Gegenden der Erde häufiger sind, als in andern. Nach allen bisherigen Erfahrungen glaubt Ideler [57]), daß die Aequatorialgegenden reicher daran seyen, als die gemäßigte Zone. So lange indessen nicht directe Beobachtungen hierüber gemacht werden, läßt sich kein Gesetz aufstellen, da es ganz in der Natur der Sache liegt, daß die Zahl der zufälligen Wahrnehmungen dieser Art wegen der höhern Temperatur zwischen den Wendekreisen, wo die Reisenden nicht selten im Freien übernachten, größer seyn wird, als in den vom Aequator entfernten Gegenden. Es ließe sich z. B. gegen den von Ideler aufgestellten Satz die Bemerkung machen, daß fast keiner von den Correspondenten der Mannheimer Societät so häufig Sternschnuppen erwähnt, als der Missionar Ginge zu Gothaab auf Grönland, welcher bei seinen zahlreichen Beobachtungen des Nordlichtes auch auf dieses Phänomen aufmerksam wurde.

Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, daß die Sternschnuppen mit den Feuerkugeln und Meteorsteinen identisch sind, und ich will deshalb sogleich die letzteren betrachten, bevor ich die Ansichten über die Natur der Sternschnuppen mittheile. Obgleich die Alten von dem Herabfallen von Steinen überzeugt waren, so wurde diese Thatsache nach dem Wiederaufleben der Wissenschaften bezweifelt, ja die Physiker sahen selbst die Nachrichten, welche

53) Molina Naturgesch. von Chili S. 23.
54) Spix und Martius Reise I, 81.
55) Niebuhr Arabien S. 5.
56) Humboldt Voyage I, 159.
57) Ideler Feuerkugeln S. 29.

Digitized by Google

glaubwürdige Zeugen der Begebenheit über das Herabfallen von Steinen bekannt machten, mit Verachtung an [58]). Es war Chladni, welcher zuerst im Jahre 1794 behauptete, daß öfter Stein- und Eisenmassen vom Himmel gefallen und mit den Feuerkugeln identisch seyen [59]); im Allgemeinen wurde er wegen dieser Ansicht verlacht, zum Theil auch für einen Ketzer gehalten, welcher die Weltordnung wegläugnete und nicht bedächte, wie sehr er an allem Bösen in der moralischen Welt Schuld sey, wie dieses namentlich von den Brüdern de Luc ausgesprochen wurde. Nur wenige deutsche Gelehrte hielten die Ankunft solcher Massen nicht für unmöglich, namentlich sprachen sich Zach, Olbers und Werner darüber mehr oder weniger bestimmt aus. Kurz nachdem die Schrift von Chladni erschienen war, fielen Steine bei Siena (1794), in Yorkshire (1795) und bei Benares in Ostindien (1798), man ward aufmerksamer auf den Gegenstand und Edward King stimmte den Ansichten von Chladni bei [60]); kurze Zeit darauf untersuchten Howard und Bournon chemisch und mineralogisch Massen, welche vom Himmel gefallen seyn sollten, und fanden, daß sie sowohl in der Zusammensetzung der Bestandtheile, als auch in der Structur von allen bekannten Mineralien abwichen, aber unter sich übereinstimmten [61]). Eben so suchte Pictet im Jahre 1801 die Möglichkeit der Erscheinung zu beweisen [62]), und theilte dem National-Institute die Resultate der genannten Naturforscher mit; Laplace äußerte im Jahre 1802 die Idee, daß diese Massen vielleicht Auswürfe von Mondsvulkanen seyen, und Biot machte es wahrscheinlich, daß ein ehemals aus Phrygien nach Rom gebrachter Stein ein Meteorstein gewesen sey. Während man sich noch über die Möglichkeit

58) Chladni, welchem ich in dieser Darstellung folge, führt mehrere Beispiele davon an. Feuer-Meteore S. 4.

59) Chladni über den Ursprung der von Pallas entdeckten Eisenmasse und einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen. 4. Leipzig 1794.

60) Edward King remarks concerning stones, said to have fallen from the clouds in these days and in the ancient times. London 1796.

61) Philos. Trans. 1812. p. 168.

62) Bibl. brit. Band XVII.

Digitized by Google

keit der Sache herumstritt, fielen am 26sten April 1803 bei l'Aigle in der Normandie mit einem Feuer-Meteor und mit großem Getöse 2000 bis 3000 Steine herab. Obgleich der Maire die Sache officiell meldete, wurde sie doch von Vielen bezweifelt, ja es wurde sogar die Gemeinde bedauert, daß sie einen Maire habe, der solche Albernheiten glauben könne. Indessen ward Biot von dem Institute abgeschickt, um die Sache an Ort und Stelle zu untersuchen, und er überzeugte sich nun von der Richtigkeit des Berichtes. Seit dieser Zeit endlich wurde die Existenz der Meteorsteine nicht länger bezweifelt.

Wenn die Feuerkugeln erscheinen, so zeigen sie sich entweder als ein leuchtender Punkt, welcher sich schnell vergrößert, oder als ein kleines sich entzündendes Wölkchen, oder es zeigen sich mehrere parallele Streifen, aus denen sich später die Feuerkugel bildet.

Die Höhe, in welcher die Feuerkugeln schweben, ist oft sehr bedeutend, jedoch sind scharfe Bestimmungen hier um so schwieriger, da das Phänomen so schnell erscheint und oft wieder verschwindet, daß die scheinbare Höhe nur beiläufig geschätzt werden kann. Chladni und Ideler haben mehrere dieser Bestimmungen zusammengestellt [63]). So ward die Feuerkugel, welche sich am 31sten März 1676 in Italien zeigte, 38 ital. Meilen hoch geschätzt; eben so sah man am 19ten Julius 1686 zu Leipzig und Schleitz eine Feuerkugel, deren Höhe Halley auf 30 englische Meilen schätzte; derselbe schätzte die Höhe einer Feuerkugel, welche sich am 31sten Julius 1708 in England zeigte, auf 40 bis 50 englische Meilen. Die Feuerkugel, welche sich am 22sten Februar 1719 im nördlichen Italien, in der Schweiz und Deutschland zeigte, hatte nach Balbi eine Höhe von 16000 bis 20000 Schritt; die, welche am 19ten März 1719 in England erschien, hatte nach Halley eine Höhe von 60 bis 64 englischen Meilen. Am 13ten October 1745 zog über Bologna eine Feuerkugel fort, deren Höhe nach Zanotti 6 ital. Meilen betrug. Die Höhe einer Feuerkugel, welche am 15ten August 1754 in England und Frankreich erschien, wurde zu 66 englischen Meilen geschätzt. Die Feuerkugel, welche sich am 26sten Novbr 1758 in England

63) Chladni Feuermeteore S. 21. Ideler Feuerkugeln S. 33.

zeigte, änderte ihre Bahn, welche von Cambridge nach Glasgow ging, senkte sich anfänglich und stieg späterhin wieder aufwärts. Ihre Höhe betrug nach Pringle über Cambridge 90 bis 100, in der Gegend von Glasgow 26 bis 32 englische Meilen. In vielen Gegenden von Deutschland zeigte sich am 23sten Julius 1762 eine Feuerkugel, welche nach Silberschlag anfänglich eine Höhe von 19, beim Zerplatzen von 4 deutschen Meilen hatte. Die Feuerkugel, welche am 17ten Julius 1741 in Frankreich und England gesehen wurde, hatte nach le Roy anfänglich eine Höhe von 18, beim Zerplatzen von 8 bis 9 französischen Meilen. Am 31sten October 1779 erschien in Nord-America eine Feuerkugel, deren Höhe Rittenhouse auf 60 englische Meilen schätzt. Am 18ten August 1783 wurde in Schottland, Frankreich, England, Rom und Hamburg eine Feuerkugel gesehen, deren Höhe die englischen Beobachter zu 57 bis 60 englische Meilen, die französischen zu etwa 3 lieues angeben, jedoch hält Chladni die erstere dieser Bestimmungen für sicherer. Die Höhe einer Feuerkugel, welche am 4ten Octbr 1783 in England gesehen wurde, schätzt Blagden auf 40 bis 50 englische Meilen. Die Feuerkugel, welche am 11ten Septbr 1784 in Italien gesehen wurde, hatte nach Toaldo eine Höhe von 38 ital. Meilen. Die Höhe der am 8ten März 1798 in der Schweiz gesehenen Feuerkugel findet Prévost $6\frac{1}{2}$ bis $9\frac{1}{2}$ franz. Meilen. Eine Feuerkugel, welche am 6ten oder 13ten Novbr 1803 in England gesehen wurde, zersprang in einer Höhe von 23 englischen Meilen. Die Feuerkugel, welche am 14ten Decbr 1807 in Nord-Amerika erschien, hatte nach Bowditch eine Höhe von 15362 Toisen. 1811 am 15ten Mai wurde in Frankreich und Genf eine Feuerkugel gesehen, deren Höhe Brandes zu 16 bis 18 Meilen berechnet. Die Feuerkugel, welche am 3ten Junius 1822 in Angers und Poitiers erschien, hatte nach Egen eine Höhe von 8 franz. Meilen [64]); diejenige, welche am 26sten Septbr 1829 in Düsseldorf und Bremen gesehen wurde, hatte nach Olbers eine Höhe von 12 bis 13 geographischen Meilen [65]). Nach Dean hatte eine Feuerkugel, welche sich am 9ten März 1822 in Nord-America

64) Gilbert's Ann. LXXII, 386.

65) Poggendorff's Ann. XXIV, 238.

zeigte, eine Höhe von 29 bis 41 englischen Meilen[66]). Nach den eben mitgetheilten Thatsachen wird es wahrscheinlich, daß die Höhe der Feuerkugeln im Mittel etwa 10 bis 15 geographische Meilen betrage, und dieses etwa ist die Höhe, in welcher, nach dem früher Gesagten, die meisten Sternschnuppen ziehen.

Ueber die Bahn der Feuerkugeln läßt sich bis jetzt wenig mit Bestimmtheit sagen, da es ganz an schärferen Bestimmungen fehlt. Gewöhnlich kommen sie in einer mehr oder weniger schiefen, bisweilen dem Horizonte fast parallelen Richtung, gehen oft über sehr beträchtliche Landstrecken (wie z. B. die Feuerkugel vom 18ten August 1783 über Schottland, England, Frankreich und Italien fortzog) und senken sich immer in einer krummen Linie, von welcher Chladni glaubt, daß sie eine Parabel sey. Häufig zerplatzt nun die Feuerkugel und die dichteren Bestandtheile fallen dann als Stein- oder Eisenmassen nieder, oder die Masse prallt von der Atmosphäre ab und geht in Bogensprüngen weiter, wobei sie sich vielleicht wieder von der Erde entfernen mag. Diese Bogensprünge waren bereits den Alten unter dem Namen caprae saltantes bekannt, und Chladni hat in neueren Zeiten eine große Menge von Beispielen gesammelt[67]). Eine der auffallendsten dieser Art wurde am 13ten Julius 1738 von Gensanne zu Paris beobachtet; die Feuerkugel hatte etwa das Viertel von der Größe des Mondes, bewegte sich in Sprüngen auf und nieder, aber immer nach und nach weniger hoch und etwas niedriger; die Erscheinung dauerte wohl eine halbe Stunde, bis sie sich endlich am Horizonte verlor. Die schlangenförmige Bahn, welche in mehreren von Chladni erzählten Fällen gesehen wurde, ist wahrscheinlich nichts als eine solche Bewegung.

Uebrigens ist die Beschaffenheit dieser Bahn nach Egen's Bemerkung[68]) von Wichtigkeit für die Beantwortung der Frage, ob die Feuerkugeln von außen herstammen, oder ob sie von der Erde in die Höhe geschleudert sind. Ist nämlich die Bewegung von der Erdoberfläche selbst ausgegangen, so muß die Projection der Bahn ein größter Kreis seyn; stammt sie dagegen von außen,

66) Poggendorff's Ann. II, 165.

67) Gilbert's Ann. LV, 91. und LVI, 386. Ueber Feuer-Meteore S. 24.

68) Daf. LXXII, 385.

so wird sie nur in dem Falle Bogen größter Kreise bilden, wenn die Ebenen der Bahn des Wurfes und der Erdbahn zusammenfallen: in fast allen andern Richtungen bilden sie Curven von doppelter Krümmung. Egen fügt hinzu, es sey dieses der Punkt, welcher allein eine genügende Entscheidung über die Frage nach dem Ursprunge geben kann. „Hätte man schon früher diese Seite beachtet, so möchte es jetzt minder an den dazu erforderlichen Thatsachen fehlen, indem dann die Beobachter gewußt hätten, worauf es hier vorzüglich ankomme; denn es hat oft in ihrem Bereiche gelegen, uns wenigstens genügendere Angaben, als sie gethan haben, zu liefern. Was dabei die Vergangenheit hat fehlen lassen, wird hoffentlich die Zukunft nachholen. Möchte dazu meine jetzige Arbeit die Veranlassung werden."

Die Geschwindigkeit der Feuerkugeln muß oft sehr bedeutend seyn, da man öfter gesehen hat, daß sie in wenigen Secunden über den ganzen Himmel fortgezogen sind; im Allgemeinen jedoch fehlt es noch sehr an hinreichend scharfen Bestimmungen. Chladni führt mehrere Thatsachen an, welche eine sehr ungleiche Geschwindigkeit ergeben. So hatte die Feuerkugel vom 31sten März 1676 eine Geschwindigkeit von etwa 160 italienischen Meilen in der Minute; die vom 19ten März 1719 etwa 340 englische Meilen in der Minute; 1758 am 26sten Novbr wenigstens 25 englische Meilen in der Secunde; 1762 den 29sten Julius 10000 Toisen; 1771 den 17ten Julius 6 bis 8 französische Meilen in der Secunde; 1783 am 4ten October 12 englische Meilen in der Secunde; 1719 den 8ten März zwischen 1,625 und 0,6375 franz. Meilen; 1803 am 6ten oder 13ten Novbr 7 bis 8 englische Meilen; 1807 am 14ten Decbr wenigstens 14862 englische Fuß in der Secunde. Diese Größen weichen sehr von einander ab, im Mittel ergeben sie eine Geschwindigkeit von etwa 4 bis 5 geographischen Meilen, wie wir dieses auch für die Sternschnuppen angegeben haben.

Bei der Annäherung an die Oberfläche der Erde wird die anfängliche Geschwindigkeit dieser Körper sehr vermindert; da sie gewöhnlich lockere, weit ausgedehnte Massen sind, und häufig Bahnen verfolgen, welche bedeutend von der verticalen Richtung abweichen, so ist der Widerstand der Luft so bedeutend, daß die Feuerkugeln, die fast horizontal ziehen, von der Atmosphäre

Digitized by Google

zurückprallen. Fällt der Stein in einer fast verticalen Richtung herab, so erlangt er eine Endgeschwindigkeit, welche von seiner Dichtigkeit und Gestalt abhängt. Schon Soldner [69]) hatte vermittelst der Integrallogarithmen die Geschwindigkeit eines in der Atmosphäre fallenden Körpers dieser Art betrachtet, genauer aber wurde die Untersuchung von Bessel geführt [70]). Fällt nämlich der Körper vertical herab, so würde seine Endgeschwindigkeit ohne den Widerstand der Luft etwa 5732,5 Toisen seyn; hat er aber die Dichtigkeit des Wassers, so ist dieselbe in der Atmosphäre etwa nur 95,4 Toisen, also $\frac{1}{60}$ derselben. Diese Größe wird noch bedeutender vermindert, wenn der Körper eine geringere Dichtigkeit hat oder die Schichten der Atmosphäre nicht senkrecht durchschneidet.

Es hält sehr schwer die Größe der Feuerkugeln anzugeben, da bei der Erscheinung dieser hellglänzenden Massen auf dem dunkeln Himmelsgrunde leicht Täuschungen in der Abschätzung des scheinbaren Durchmessers Statt finden können. Indessen scheinen die wahren Dimensionen nach Chladni's Untersuchungen stets weit größer zu seyn, als die Menge der herabgefallenen Steine, und es wird darnach wahrscheinlich, daß sie als sehr lockere, zu einem großen Volumen ausgedehnte Körper ankommen, und daß wir gewöhnlich nur die Bestandtheile erhalten, welche hinreichend verdichtet sind, um niederfallen zu können. Ihre Dimensionen vergrößern sich bedeutend, wenn sie sich uns nähern. Dabei haben sie in Folge der Attractionsgesetze eine sphärische Gestalt, und wenn letztere zuweilen elliptisch oder dergestalt birnförmig wird, daß die breite Seite vorauseilt, so ist dieses wohl nur eine Folge vom Widerstande der Luft, auf eine ähnliche Art als wir es an Hagelkörnern oder fallenden Regentropfen bemerken. Sehr schön zeigte dieses die Feuerkugel, welche am 17ten Julius 1771 in Frankreich gesehen wurde und von welcher Le Roy eine Abbildung gegeben hat [71]). Diese schöne Feuerkugel zeichnete sich

69) Soldner Théorie et Tables d'une nouvelle fonction transcendante. 4. Munic 1809. p. 33.

70) Königsberger Archiv für Naturwissenschaft und Mathematik. Jahrg. 1811. St. I. S. 38. §. 19.

71) Mém. de Paris. 1771. p. 65.

auch dadurch aus, daß man in ihr ein lebhaftes Aufwallen der Materie wahrnahm, wie dieses auch bei einer andern großen Feuerkugel der Fall war, die sich am 18ten August 1783 von Schottland bis Rom zeigte.

Das Licht der Feuerkugeln ist in der Regel weit heller als das des Mondes, manche waren selbst bei Tage so glänzend, daß sie einen deutlichen Schatten warfen. Meistens war das Licht weißglänzend, oder es spielte etwas ins Rothe; in andern Fällen war es bläulich, zuweilen sah man sie auch regenbogenartig gefärbt, und zwar die Kugel anders als den zurückgelassenen Schweif. Ist letzteres der Fall, so ändert sich wohl die Farbe in kurzer Zeit mehr oder minder schnell, so z. B. war die Feuerkugel vom 18ten August 1783 bald mehr weiß, roth oder blau. Seltener hat man sie grün gesehen. Chladni führt nur wenige Beispiele davon an, nämlich eine Feuerkugel, welche am 7ten Novbr 1799 in Mexico gesehen wurde, und eine zweite vom 23sten October 1801. Späterhin sah Klöden [72]) am 15ten Novbr 1822 eine Feuerkugel mit glänzendem gelbgrünen Lichte, und eine eben solche erschien am 11ten Februar (1828?) in der Nähe von Long Island in Nord-Amerika. Die Farbe der Kugel, des Schweifes und der abspringenden Funken war ausgezeichnet grasgrün [73]).

Während die Feuerkugeln fortziehen, pflegen Flammen, Funken und Rauch nach allen Seiten auszubrechen; bei der schnellen Bewegung der Hauptmasse bleiben diese fortgeschleuderten Körper gewöhnlich etwas zurück. In einigen Fällen ist es sogar geschehen, daß Feuerkugeln im tiefsten Punkte ihrer Senkung gewisser Maßen zu erlöschen schienen und beim Aufwärtssteigen, nach Absetzung von vielem Rauch und Dampf, mit erneuertem Glanze brannten. Eins der auffallendsten Beispiele dieser Art liefert die schöne Feuerkugel, welche sich am 26sten Novbr 1758 in England zeigte, und von welcher Pringle eine ausführliche Beschreibung gegeben hat [74]).

---

72) Poggendorff's Ann. II, 220.

73) Aus Silliman's American Journal im Edinb. Journ. of Sc. IX, 354.

74) Philos. Trans. LI, 26.

Digitized by Google

Indem die Feuerkugeln durch die Atmosphäre fortziehen, blähen sie sich gewöhnlich auf, so daß sie endlich mit einem heftigen Getöse zerplatzen, was Chladni für eine Wirkung der durch die Hitze im Innern entwickelten Flüssigkeiten ansieht, denen die äußere zähe Hülle nicht länger zu widerstehen vermag. Da wo kein Zerplatzen bemerkt worden ist, liegt der Grund darin, daß der Beobachtungsort zu weit entfernt war, oder daß die Feuerkugeln sich von der Erde entfernt und ihren Weg im Weltraume fortgesetzt haben. Bisweilen zerplatzt eine Feuerkugel ganz, bisweilen nur theilweise, und die einzelnen Stücke bilden sich bei einem weitern Fortgange bisweilen zu kleinen Feuerkugeln aus, welche später ebenfalls zerplatzen. Bei manchen Feuerkugeln sintert die zähe Masse nach gewaltsamer Entweichung der im Innern entwickelten elastischen Flüssigkeiten wieder zusammen, bläht sich von neuem auf, und explodirt wieder, welches bisweilen wohl mehrere Male wiederholt wird. Bei Feuerkugeln, welche Bogensprünge machen, erfolgt die Explosion gewöhnlich im tiefsten Punkte der Senkung. Bei einer solchen Explosion wird gewöhnlich viel Rauch oder Dampf abgesetzt, worauf man bisweilen, wenn die Stücke nicht niedergefallen sind, bemerkt hat, daß die Feuerkugel mit neuem und verstärktem Glanze weiter gezogen ist. Die Erschütterung der Luft war bei dem Zerplatzen oft so heftig, daß Häuser gezittert haben, Thüren und Fenster aufgesprungen sind, und die Begebenheit von Manchen für ein Erdbeben gehalten wurde. Bei einigen Beobachtungen hat man das Zerspringen vielmehr als ein Verschwinden oder Verlöschen angesehen, nach Chladni deswegen, weil die vorher durch die im Innern entwickelten elastischen Flüssigkeiten zu einem beträchtlichen Umfang blasenförmig ausgedehnte Masse, nach dem Zerspringen in einzelne kleinere, aber dichtere Stücke zusammengesunken ist, die wegen ihres geringeren Umfanges weniger in die Augen fallen konnten, zumal, da der beim Zerplatzen ausbrechende Rauch und Dampf alles verhüllte. Letzterer hatte gewöhnlich noch längere Zeit hindurch das Ansehen eines leuchtenden Nebels oder bei Tage das einer Rauchwolke; auch sah man öfter noch geraume Zeit nachher nachgelassene Theile des Schweifes als einen mehr oder minder hellen, bisweilen schlangenförmig oder zickzackförmig gekrümmten Streifen. Zuweilen

will man nach dem Zerspringen weit umher einen Schwefelgeruch bemerkt haben.

Das Geräusch, welches man beim Zerplatzen hört, wird von mehreren Beobachtern mit einem Kanonenschusse verglichen, auf welchen noch ein anhaltendes Krachen und Poltern folgte; andere vergleichen es mit dem schnellen Rollen eines schwer beladenen Wagens über Steine; andere mit dem Donner oder mit dem Durchrütteln vieler Gewehre oder mit großem und kleinem Gewehrfeuer u. s. w. Von der Heftigkeit dieses oft eine Viertelstunde anhaltenden Getöses überzeugt man sich nicht blos dadurch, daß sich der Schall von den sehr dünnen Schichten der Atmosphäre bis zur Erdoberfläche ausbreitet, sondern auch dadurch, daß man ihn sehr weit hört, wie denn z. B. Cavallo und Pigot am 18ten August 1783 den Knall gegen 10 Minuten nach der Explosion hörten; eben so vernahm man am 26sten April 1803 das Getöse in einem Kreise, dessen Halbmesser über 30 französische Meilen betrug.

Nachdem die Feuerkugel zerplatzt ist, fallen die Stücke häufig herab, und man hat sie dann mehrmals gefunden. Ist letzteres der Fall gewesen, so sind die Stücke meistens nach allen Seiten umhergeschleudert worden; war aber die Zahl der herabgeschleuderten Steine sehr groß, so lagen sie meistens auf einem elliptischen Raume, dessen große Axe mit der Richtung zusammenfiel, welche die Feuerkugel verfolgte. Dieses zeigte sich sehr deutlich bei den Meteorsteinfällen bei l'Aigle (26. April 1803) und bei Stannern (22. Mai 1808), wovon uns Biot und Schreibers Charten geliefert haben [75]). Seltener ist es geschehen, daß die Masse ganz herabkam, wahrscheinlich weil sie zu zähe war, um sich ganz zu zertheilen und sich deshalb vor dem Herabfallen wieder zusammenknetete, wie z. B. bei dem Steine, welcher am 14ten Decbr 1492 bei Ensisheim herabfiel, wo sich aus der Beschaffenheit des Steines schließen läßt, daß Theile der Oberfläche während der weitern Bewegung in die Masse hineingeknetet sind, welche im Bruche glänzende und dunkelgraue Absonderungsflächen bilden.

75) Biot in Mém. de l'Institut nat. Tom. VII. und Schreibers Steinmassen Taf. X.

Digitized by Google

Gewöhnlich sind die Meteorsteine bei ihrer Ankunft sehr heiß, zuweilen glühend und befinden sich dann in einem weichen Zustande. Letzteres zeigt sich besonders darin, daß die Körper, auf welche sie gefallen sind, zuweilen Eindrücke in die Rinde gemacht haben. Meistens verbreiten die niedergefallenen Massen anfänglich einen starken Schwefelgeruch, der sich nach und nach verliert.

Die Meteorsteine, welche stets eine große Menge von Eisen als Bestandtheil enthalten, zeigen bei genauerer Untersuchung in der Totalform einige Aehnlichkeit und Uebereinstimmung. Nach den Untersuchungen von Schreibers, welcher zuerst darauf achtete [76]), findet man eine gewisse Grundform, die sich allem Ansehen nach vorzüglich auf ein ungleichseitiges, drei- und vierseitiges Prisma und auf eine mehr oder weniger vollkommene verschobene Pyramide beschränkt, und welche sich sogar an sehr unregelmäßigen Stücken erkennen läßt. Chladni bemerkt, er habe dieses fast an allen Stücken gesehen, die er in den verschiedenen Sammlungen fand. An den abgerundeten Ecken dieser Steine treffen gewöhnlich drei, seltener vier Seiten zusammen. An manchen Meteorsteinen, besonders an denen, die viele körnige, kugelige oder eckige Körper eingeschlossen enthalten, zeigen sich viele größere und kleinere Vertiefungen und Hervorragungen auf der Oberfläche.

Von außen sind die Meteorsteine mit einer schwarzen oder schwärzlichen Rinde umgeben, welche aus denselben Substanzen als das Innere, nur in einem der Verschlackung ähnlichen Zustande besteht. Diese Rinde, deren Dicke selten $\frac{1}{4}$ Linie übersteigt, zeigt in verschiedenen Steinen, zuweilen bei demselben Steine an verschiedenen Stellen, einige Ungleichheiten. An den meisten Steinen ist sie schwarz und wenig glänzend; an andern ist sie mehr schwarzbraun und ohne Glanz; oder schwarzbraun und glänzend, gleichsam als ob der Stein lackirt wäre; an einigen ist sie schwärzer und mehr matt metallisch glänzend, fast wie von geschmolzenem und wenig oxydirten Eisen, wo sie gewöhnlich mehr auf den Magneten wirkt; an einigen ist sie mehr pechartig glänzend; an

76) Schreibers Stein-Massen bei der Beschreibung der einzelnen Steine, und Gilbert's Ann. XXXI, 52. Chladni Feuer-Meteore S. 49.

einigen sehr rauh; an einigen mehr zusammenhängend und an andern mehr rissig u. s. w. An manchen Steinen und an manchen Stellen ist die Rinde so hart, daß sie mit dem Stahle Feuer schlägt, an andern ist sie es weniger. In manchen Steinen finden sich auch im Innern Lager, Adern und tropfenähnliche Flecken von einer der Rinde ähnlichen Substanz; wahrscheinlich hatte sich die Rinde bereits gebildet, und als sich die Gestalt der erweichten Masse änderte, so drang sie in das Innere. Auf der Rinde vieler Steine zeigen sich hin und wieder geaderte oder blättrige Figuren [77]). An manchen Seitenkanten bildet die Rinde eine etwas darüber hinweggehende Wulst; auf andern Steinen zeigen sich neben kleinen rindenlosen Stellen kleine, fast wie Perlenschnüre zusammenhängende Tropfen.

Diese Rinde hat durchaus keine Aehnlichkeit mit irgend einem vulkanischen Producte oder sonst mit bekannten Producten einer natürlichen oder künstlichen Schmelzung. Sie läßt sich durch eine gewöhnliche Schmelzung der Meteorstein-Substanz nicht hervorbringen, indem die Versuche im Porzellanofen, so wie im Focus des Brennspiegels zeigen, daß die dadurch hervorgebrachte Rinde verschieden sey und die ganze Masse rothbraun oder schwarzbraun wurde, während bei den Meteorsteinen die graue Farbe sich unmittelbar unter der Rinde eben so zeigt, als im Innern. Nach den Versuchen von Scherer und Schreibers läßt sich jedoch ein schlackenartiger Ueberzug, welcher mit der Rinde einige Aehnlichkeit hat, dann hervorbringen, wenn die Masse so geschmolzen wird, daß die atmosphärische Luft keinen Zutritt hat. Daraus schließt Scherer, daß die Incrustirung der Meteorsteine nicht durch allmähliges Erhitzen oder Durchglühen der Masse, sondern in einem Augenblicke geschehen sey, weil nur so der Zutritt der Luft zu der Masse der Steine gehemmt und bewirkt werden könne, daß keine stärkere Oxydation des Eisens Statt finde, und glaubt, daß die Elektricität die Ursache der Rindenbildung sey. Chladni glaubt, die Rinde sey überhaupt nicht durch Schmelzung oder Verschlackung der Oberfläche entstanden, sondern vielmehr von Außen im flüssigen Zustande darauf gekommen. Bei der schnellen

77) Schreibers Steinmassen Taf. V. u. VII.

Fortbewegung der Masse wird letztere durch die Compression der Luft zwar stark erhitzt, aber wahrscheinlich wird sie nicht gleichförmig erwärmt und erweicht. Nach seiner Meinung ist Schwefel derjenige Bestandtheil, welcher am meisten brennt und schmilzt und welcher dann mit Eisenoxyd und erdigen Theilen, vielleicht auch mit etwas Kohlenstoff gemengt, die steinartigen Theile durch eine Art von Uebergießung mit Rinde-Substanz überzieht. Es scheint dieses vorzüglich dann zu geschehen, wenn eine Explosion erfolgt oder wenn die Kugel wieder in die Höhe springt. Dagegen glaubt Berzelius die schwarze Rinde sey eine Folge von der Schmelzbarkeit ihrer Silicate, welche auch dazu beitragen, den darin enthaltenen und für sich unschmelzbaren Olivin in Fluß zu bringen [77b]).

Die Meteorsteine sind aus sehr verschiedenartigen Theilen gemengt; sie weichen von allen vulkanischen und andern auf der Erde gefundenen Steinarten ab, haben aber unter sich große Aehnlichkeit. Gewöhnlich sind die verschiedenartigen Theile durch ein hell- oder dunkelgraues erdiges Cement mit einander verbunden. Im Allgemeinen lassen sie sich nach G. Rose [78]) ihrer Structur zufolge in zwei Abtheilungen bringen. Einige bestehen aus einer dichten, meistens grauen Hauptmasse, bei welcher man außer dem fein eingesprengten, gediegenen Eisen mit bloßen Augen keine weiteren Gemengtheile erkennen kann, die andern sind deutlich aus verschiedenen Gemengtheilen zusammengesetzt, die unter einander scharf getrennt und körnig auf eine ähnliche Art mit einander verbunden sind, als die Bestandtheile des Granites. So ist der Meteorstein von Juvenas ein körniges, ziemlich bröckliches Gemenge, das hauptsächlich aus 2 Gemengtheilen, einem braunen und einem weißen in ungefähr gleicher Menge besteht. An einzelnen Stellen finden sich braune Blättchen oder ein metallisches Fossil in kleinen Krystallen; in kleinen Höhlungen zeigten sich Krystalle der braunen Substanz. Bei näherer Untersuchung zeigte sich, daß der braune Gemengtheil Augit war, ganz so gestaltet, als wir ihn gewöhnlich in Laven oder Basalten fin-

77b) Poggendorff's Ann. XXXIII, 141.

78) Daf. IV, 173.

Digitized by Google

den; der weiße Bestandtheil war wahrscheinlich Labrador; das metallische Fossil hatte eine Farbe, welche in der Mitte zwischen stahlgrau und kupferroth steht und war wahrscheinlich Magnetkies. Die gelben Blättchen lassen sich nicht bestimmen. Außerdem findet sich besonders in den Massen von gediegenem Eisen Chrysolith.

Die Dichtigkeit der Steine ist sehr verschieden. Manche sind so locker, daß sich Luft durchblasen läßt, und saugen mit großer Begierde Wasser ein; andere sind dichter. Das specifische Gewicht ist gewöhnlich nicht unter 3,56 und nicht viel über 3,7 gefunden worden; Ausnahmen davon machen nur die sehr lockern Steine von Alais, wo die Dichtigkeit 1,94 ist, und die von Stannern, wo sie zwischen 2,95 und 3,16 schwankt.

Die meisten Meteorsteine lassen sich mit größerer oder geringerer Leichtigkeit in zwei Hauptbestandtheile mechanisch zerlegen. Werden sie nämlich zu Pulver zerrieben, so folgt der eine Theil dieses Pulvers dem Magneten. Berzelius [79]) konnte von dem Meteorsteine, welcher am 25sten Novbr 1833 in der Nähe von Blansko in Mähren herabfiel 17,15 Prozent Nickeleisen abscheiden. Um die Analyse des übrig bleibenden Steinpulvers vorzunehmen, wurde letzteres in einem Platingefäß mit concentrirter Salzsäure zersetzt, wodurch eine partielle Gelatinirung entstand. Die Masse wurde nun eingetrocknet, mit Salzsäure befeuchtet und nach einer Weile mit Wasser ausgezogen. Das Ungelöste wurde ausgewaschen, noch feucht zwei Mal mit kohlensaurem Natron gekocht, die Lösung jedesmal mit vielem kochenden Wasser verdünnt und dann noch siedend heiß filtrirt. Dadurch wurde das Steinpulver in zwei Bestandtheile getrennt, von denen der eine in Säuren löslich, der andere dagegen unlöslich war. Der eben erwähnte Meteorstein gab von dem durch Säuren zersetzbaren Minerale 51,5, von dem in Säuren unlöslichen 48,5 Theile. In einem andern Versuche wurden 48,9 vom erstern, und 51,1 vom letztern erhalten [80]). Ein Meteorstein, welcher in Macedonien gefallen war, enthielt 52,5 lösliches Mineral [81]); ein anderer

79) Poggendorff's Ann. XXXIII, 8.

80) Das. S. 18.

81) Das. XVI, 615.

Digitized by Google

bei Chantonnay gefallener (5ten August 1812) enthielt 51,12 Procent des in Säuren löslichen, und 48,88 des in Säuren unlöslichen Minerals [82]). Diese Uebereinstimmung in dem Verhältnisse der löslichen und unlöslichen Theile zeigt sich indessen nicht bei allen Meteorsteinen; so betrug bei demjenigen, welcher am 13ten December 1813 in der Nähe des Dorfes Lontalax in Finnland herabfiel, die Menge der unlöslichen Bestandtheile nur 6,37 Procent [83]).

Berzelius untersuchte einzeln die Zusammensetzung des löslichen und unlöslichen Steinpulvers, so wie desjenigen Metalles, welches dem Magneten folgte. Er fand in dem Meteorsteine von Blansko

a) im löslichen Minerale

		Sauerstoffgehalt
Kieselerde	33,084	17,192
Talkerde	36,143	
Eisenoxydul	26,955	
Manganoxydul	0,465	
Nickeloxyd, zinn- und kupferhaltig	0,465	20,52
Thonerde	0,329	
Natron	0,857	
Kali	0,429	
Verlust	1,273	
	100,000	

Da bei der Zersetzung des Minerales durch Säuren Schwefelwasserstoffgas entwickelt wurde, so ist hier wahrscheinlich ein Theil Eisen als oxydirt aufgeführt, welche geschwefelt war und daraus ergiebt sich dann wahrscheinlich der Verlust; wird dieses berücksichtigt, so kann man annehmen, daß die Kieselerde und die Basen gleichviel Sauerstoff enthalten.

---

82) Poggendorff's Ann. XXXIII, 28.

83) Daf. S. 32.

Digitized by Google

b) Das unlösliche Mineral, theils mit kohlensaurem Baryt, theils mit kohlensaurem Natron analysirt, gab folgende Bestandtheile

	Kohlensaurer Baryt	Kohlensaures Natron		Sauerstoffgehalt
Kieselerde . .	57,145	57,012		29,626
Talkerde . .	21,843	24,956	9,660	
Kalk . . .	3,106	1,437	0,412	
Eisenoxydul .	8,592	8,362	1,904	
Manganoxydul	0,724	0,557	0,124	14,338
Nickeloxyd (zinn- u. kupferhaltig)	0,021			
Thonerde . .	5,590	4,792	2,238	
Natron . .	0,931			
Kali . . .	0,010			
Chromeisen (zinnhaltig) . .	1,533	1,506		
Verlust .	0,505	1,579		
	100,000	100,000		

c) Der metallische Theil enthielt

Eisen	93,816
Nickel	5,053
Kobalt	0,347
Zinn und Kupfer	0,460
Schwefel	0,324
Spur von Phosphor	
	100,000

In mineralogischer Hinsicht läßt sich demnach der Meteorstein von Blansko als zusammengesetzt ansehen aus:

Nickeleisen, welches Kobalt, Zinn, Kupfer, Schwefel und Phosphor enthält	17,15
Silicat von Talkerde und Eisenoxydul, worin Basen und Kieselerde gleichviel Sauerstoff enthalten, nebst etwas Schwefeleisen	42,67

Digitized by Google

Silicat von Talkerde und Eisenoxydul, gemengt mit Silicaten von Alkali, Kalk und Thonerde, worin die Kieselerde doppelt so viel Sauerstoff als die Basen enthält 39,45

Chromeisen, verunreinigt mit Zinnstein 0,75

In dem Steinpulver des Meteorsteines von Chantonnay fand Berzelius folgende Bestandtheile:

	löslich	unlöslich
Kieselerde	32,607	56,252
Talkerde	34,357	20,396
Kalk		3,106
Eisenoxydul	28,801	9,723
Manganoxydul	0,821	0,690
Nickeloxyd (zinn- und kupferhaltig)	0,456	0,138
Thonerde		6,025
Natron	0,977	1,000
Kali		0,512
Chromeisen		1,100
Verlust	1,971	1,070
	100,000	100,000

Der Sauerstoffgehalt der Kieselerde beträgt in dem löslichen Minerale 16,96, der der Talkerde, des Eisen- und Manganoxydules 20,04; in dem unlöslichen Minerale ist der Sauerstoffgehalt der Kieselerde 29,75, der der Talk- und Kalkerde, des Eisen- und Manganoxydules, des Nickeloxydules, der Thonerde, des Natron und Kali ist 14,34. Die Zusammensetzung stimmt also sehr mit der des Meteorsteines von Blansko überein.

In dem löslichen Bestandtheile des Meteorsteines von Lontalax waren nach Berzelius enthalten

		Sauerstoffgehalt	
Kieselerde	37,411		19,44
Talkerde	32,922	12,74	19,54
Eisenoxydul	28,610	6,51	
Manganoxydul	0,793	0,17	
Thonerde	0,264	0,12	
Kupferoxyd, Zinnoxyd, Kali u. Natron	Spur		
	100,000		

Digitized by Google

Auch hier finden wir in den bisher betrachteten Fällen den Sauerstoffgehalt der Kieselerde nahe eben so groß als den der übrigen Basen.

Ob alle Meteorsteine eine ähnliche chemische Zusammensetzung haben, und ob in allen die Gemeintheile auf dieselbe Art verbunden sind, läßt sich nicht bestimmen, da die Chemiker bei ihren Analysen nicht auf letztere Rücksicht genommen haben. Der Meteorstein aus Macedonien zeigte nach der Analyse von Berzelius [84]) eine Abweichung. Hier war nämlich der lösliche Theil des Steines zusammengesetzt aus

Kieselerde . . .	28,7,	also Sauerstoffgehalt	14,92
Eisenoxydul . . .	29,6	. . . . .	6,50
Talkerde . . .	40,0	. . . . .	15,52
Natron	0,9		
Kali	0,8		
	100,0		

Hier ist der Sauerstoff im Eisenoxydul etwa die Hälfte des in den beiden andern Basen enthaltenen und es verhält sich die Sauerstoffmenge der beiden Basen zu der in der Kieselerde wie 3 : 2.

Einige Meteorsteine weichen etwas von den eben betrachteten Verhältnissen ab, wie namentlich derjenige, welcher am 15ten März 1806 in der Nähe von Alais fiel und ebenfalls von Berzelius analysirt ist [85]). Schon bei einer oberflächlichen Untersuchung zeigt er eine Abweichung von den meisten übrigen Meteorsteinen. In Wasser gelegt zerfällt er nach einigen Augenblicken zu einem graugrünen Brei mit einem starken Thongeruch und einem nicht unangenehmen Nebengeruch nach frischem Heu. Das Wasser zog dabei ein Salz und einen organischen Stoff aus dem Steine. Außer dem Eisen, welches durch den Magneten ausgezogen wurde, enthielt die bei 100° C getrocknete und von löslichen Substanzen befreite Masse

Schwarzen geglühten Rückstand	88,146
Graubraunes Sublimat	0,944
Kohlensäuregas	4,328
Wasser	6,582
	100,000.

In-

84) Poggendorff's Ann. XIII, 615.
85) Daf. XXXIII, 115.

In dem schwarzen geglühten Rückstande, welcher 1,382 Gramm wog, befanden sich

Kieselerde	0,4315,	Sauerstoffgehalt:	21,5
Talkerde	0,3070	11,88	
Kalk	0,0032	0,09	
Eisenoxydul	0,4011	9,13	23,09
Nickeloxyd	0,0190	0,40	
Manganoxydul . . .	0,0036	0,07	
Thonerde	0,0325	1,52	
Chromeisen, zerlegt .	0,0087		
Zinnoxyd, kupferhaltig	0,0110		
Unlöslicher kohlenartiger Rückstand . . .	0,1200		
Verlust	0,0640		
	1,3820	[86]	

Auch hier stellt sich zwischen dem Sauerstoff der Kieselerde und dem der Basen dasselbe Verhältniß ein, wie bei den Meteorsteinen von Blansko, Chantonnay und Lontalax.

Die meisten Chemiker haben, wie bereits erwähnt wurde, die Meteorsteine ganz untersucht, ohne die einzelnen Theile von einander zu sondern; dadurch erhält man zwar die einfachen Bestandtheile derselben, aber eben so, als wir bei einer zusammengesetzten Gebirgsart, wie beim Granite, nicht blos wissen wollen, daß er aus Kieselerde, Thonerde, Kali, Talkerde, Eisenoxydul u. s. w. besteht, sondern daß er ein körniges Gemenge von Quarz, Feldspath und Glimmer sey, eben so wünschenswerth ist es, auch bei Meteorsteinen die näheren Bestandtheile kennen zu lernen [87]). Die Bestandtheile sind ziemlich in allen Meteorsteinen dieselben, nur sind sie in etwas abweichenden Verhältnissen mit einander verbunden. Die bekanntesten unter diesen Analysen sind folgende: der von Aigle durch Thénard [88]), der von Juchnow

86) In der Tabelle, welche ich aus Poggend. Ann. XXXIII, 120. entnommen habe, scheint ein Druckfehler zu seyn, denn die Summe der einzelnen Bestandtheile ist 1,4016, und nicht 1,3820.

87) G. Rose in Poggendorff's Ann. IV, 173.

88) Mém. de l'Institut VII, 224.

Digitized by Google

durch Klaproth [89]), der von Weston durch Warden [90]), der von Stannern durch Moser [91]) und Klaproth [92]), der von Orleans durch Vauquelin [93]), der von Sena in Aragon durch Proust [94]), der im Eichstädtischen durch Klaproth [95]), der von Siena durch Howard und Klaproth [96]), der von Doroninsk durch Scherer [97]), der von Alais durch Thénard [98]), der von Lissa durch Klaproth [99]), der von Tipperary durch Higgins [1]), der von Erxleben durch Klaproth [2]) und Stromeier [3]), der von Chassigny durch Vauquelin [4]), der von Dünaburg durch Grotthuß [5]), der von Jonzac und Juvenas durch Laugier [6]) u. s. w.

Nach diesen Analysen sind in den Meteorsteinen folgende einfache Körper enthalten [7]):

Sauerstoff als Bestandtheil der Metalloxyde und Erden.

Wasserstoff in der löslichen organischen Verbindung im Stein von Alais, zuerst von Berzelius aufgefunden.

Schwefel als Bestandtheil des Schwefeleisens und der schwefelsauren Talkerde.

---

89) Gilbert's Ann. XXXIII, 210.
90) Journ. de Phys. LXX, 424. Gilbert's Ann. XXIX, 353.
91) Gilbert's Ann. XXIX, 324.
92) Klaproth Beiträge V, 237.
93) Bulletin philomat. 1810. Gilbert's Ann. XL, 83.
94) Gilbert's Ann. XXIV, 261.
95) Klaproth Beiträge VI, 296. Gilbert's Ann. XIII, 338.
96) Daſ. VI, 290.
97) Mém. de Petersbourg VI, 46.
98) Gilbert's Ann. XXIV, 189.
99) Klaproth Beiträge V, 246. Gilbert's Ann. XXXII, 126.
1) Chladni Feuer-Meteore S. 293.
2) Klaproth Beiträge V, 305.
3) Gilbert's Ann. XLII, 105.
4) Daſ. LVIII, 171.
5) Schweigger's Jahrb. XXIX, 511.
6) Gilbert's Ann. LXXI, 208. Poggendorff's Ann. XXXIII, 145.
7) Poggendorff's Ann. XXXIII, 147.

Digitized by Google

Phosphor in den mettallischen Flitterchen, welche bei Auflösung des Meteoreisens in Salz- oder Schwefelsäure von diesem abfallen.

Kohle im Stein von Alais.

Kiesel in den Silicaten.

Chrom, zuerst von Laugier bemerkt.

Kalium, von Vauquelin entdeckt.

Natrium, von Stromeier entdeckt.

Calcium, *Magnesium* und *Aluminium*, fast in allen Meteorsteinen.

Eisen, Mangan und Nickel, von Howard entdeckt.

Kobalt, von Stromeier entdeckt.

Kupfer, von Laugier entdeckt.

Zinn, zuerst von Berzelius mit Bestimmtheit nachgewiesen.

Nach Berzelius sind diese 18 Elemente zu folgenden Körpern mit einander verbunden.

1) Gediegenes Eisen, welchem kleine Mengen von Nickel, Kobalt, Magnesium, Mangan, Zinn, Kupfer, Schwefel und Kohle beigemengt sind.

2) Schwefeleisen, in welchem wahrscheinlich 1 Atom von jedem Bestandtheil enthalten ist.

3) Magneteisenstein, namentlich in denen von Lontalax und Alais.

4) Meteor-Olivin, etwa die Hälfte dessen, was nach Ausziehung der magnetischen Bestandtheile zurückbleibt; er wird von Säuren mit Zurücklassung von Kieselerde zersetzt.

5) In Säuren unlösliche Silicate von Talkerde, Kalk, Eisenoxydul, Manganoxyd, Thonerde, Kali und Natron, in denen der Sauerstoff der Kieselerde das Doppelte des der Basen ist, und welche wahrscheinlich mehr als ein Mineral bilden, nämlich ein pyroxenartiges und ein leucitartiges.

6) Chromeisen, zwar nur in geringer Menge, aber ein beständiger Begleiter der Meteorsteine.

7) Zinnstein.

Es ist mehrmals gesagt worden, daß gediegenes Eisen in größerer oder geringerer Menge in den Meteorsteinen vorkömmt; zuweilen sind indessen Massen herabgefallen, welche fast ganz aus

gediegenem Eisen bestehen. Fälle dieser Art sind weit seltener als die, wo gewöhnliche Meteorsteine herabfallen. Das bekannteste Ereigniß dieser Art ereignete sich am 26sten Mai 1751 bei Hradschina im Agramer Comitat [8]), wo zwei Eisenmassen herabfielen, eine von 71, die andere von 16 Pfund, von denen die erste sich in Wien befindet. Man sah bei heiterm Himmel eine Feuerkugel, die nach Osten zog, mit einem dumpfen Getöse, als wenn mehrere Wagen rollten. Sie zerplatzte mit einem heftigen Knalle, wobei sich erst schwarzer, dann vielfarbiger Rauch zeigte, und theilte sich in zwei Stücke, die in Gestalt feuriger, verwickelter Ketten niederfielen, nach Chladni ein Beweis, daß die Materie in einem geschmolzenen Zustande war, während Schreibers es für wahrscheinlicher hält, daß dieses einer optischen Täuschung, in Folge des fortdauernden Lichteindruckes, zugeschrieben werden müsse.

In verschiedenen Gegenden der Erde hat man ähnliche Massen von gediegenem Eisen gefunden, von denen es zwar nicht historisch erwiesen ist, daß sie herabgefallen seyen, deren Ansehen und chemische Zusammensetzung aber so sehr mit denen der erwiesenen Meteormassen übereinstimmt, daß wir annehmen können, auch sie haben einen ähnlichen Ursprung. Eine der bekanntesten dieser Massen ist diejenige, welche Pallas im Jahre 1771 in Sibirien kennen lernte und welche die Tartaren als ein vom Himmel gefallenes Heiligthum ansahen [9]). Sie wog 1400 Pfund. Chladni führt mehrere Massen dieser Art an, von denen ich nur einige der größten nennen will. Der verwünschte Burggraf von Elbogen, hatte ein Gewicht von fast 200 Pfund. In Ungarn im Saroßer Comitate wurde 1814 eine Eisenmasse gefunden, welche 194 Pfund wog. Eine Masse, die am Vorgebirge der guten Hoffnung gefunden wurde, hatte vielleicht ein Gewicht von 300 Pfund. Sehr große Massen sind auch am Senegal gefunden worden, wo es von den Negern verarbeitet wird. In Mexico sind mehrere Massen dieser Art gefunden worden, von denen die eine vielleicht 20 Centner wog; eben so bei Otumpa in

8) Chladni Feuer-Meteore S. 245. v. Schreibers Stein- und Metall-Massen S. 1.

9) Pallas Reise III, 411.

Süd-America, in Brasilien (vielleicht 14000 Pfund), bei Neu-Orleans, an der Baffins-Bai u. s. w.

Bei diesen Massen findet man gewöhnlich das Eisen voller Höhlungen, in denen sich mehr oder weniger vollkommene Krystalle von Olivin befinden. Werden letztere mechanisch entfernt und die übrigbleibenden metallischen Theile mit Salzsäure übergossen, so entwickeln sich Wasserstoffgas und eine sehr geringe Menge von Schwefelwasserstoffgas; zuletzt bleibt ein Rückstand, welcher aus einem zarten kohlenähnlichen Stoffe und aus kleinen metallisch glänzenden Körnern und Flitterchen besteht, auf welchen frische Salzsäure keine Wirkung äußert. Berzelius findet in mehreren dieser Eisenmassen folgende Zusammensetzung des in Säuren löslichen Bestandtheiles.

	Pallas-Eisen[10])	Bohumiliz[11])	Elbogen[12])
Eisen	88,042	92,473	88,231
Nickel	10,732	5,667	8,517
Kobalt	0,455	0,255	0,762
Magnesium	0,050	. . . . .	0,279
Mangan	0,132	. . . . .	Spur
Zinn und Kupfer	0,066	. . . . .	. . . .
Kohle	0,045	. . . . .	. . . .
Schwefel	Spur	. . . . .	Spur
Unlöslicher Rückstand	0,480	1,625	2,211
	100,000	100,000	100,000

Wir finden hier also fast dieselbe Zusammensetzung als bei dem Eisen, welches durch den Magneten aus dem Steine von Blansko gezogen war. Aehnliche Resultate geben die Analyse anderer Massen von gediegenem Eisen, welche Chladni mittheilt. Der unlösliche Rückstand bestand vorzugsweise aus einer Phosphorverbindung; der zarte kohlenähnliche Stoff war nichts anderes als die krystallinische Verbindung, nur so mit Eisen gemengt, daß sie

10) Poggendorff's Ann. XXXIII, 129.
11) Das. XXVII, 125.
12) Das. XXXIII, 136.

Digitized by Google

gestaltlos und ungemein fein zertheilt war. Nach Berzelius ist derselbe auf folgende Art zusammengesetzt:

	Pallas-Eisen	Bohumiliz	Elbogen
Eisen	48,67	65,977	68,11
Nickel	18,33	15,008	
Magnesium	9,66	. . . .	17,72
Phosphor	18,47	14,025	14,17
Kiesel	4,87	2,037	. . . .
Kohle	. . . . .	1,422	. . . .
Verlust	4,87	1,533	. . . .
	100,000	100,000	100,000

Was den Olivin betrifft, welcher in dem gediegenen Eisen sehr häufig vorkommt, so haben Walmstedt und Berzelius [13]) nahe dieselben Bestandtheile gefunden, dergestalt, daß der Oxygengehalt der Kieselerde nahe derselbe ist, als der der übrigen Basen; die Zusammensetzung ist fast dieselbe als bei den tellurischen Olivinen.

Wie die vorher gegebenen Tafeln zeigen, so ist das Eisen in den eben betrachteten Massen hauptsächlich mit Nickel, jedoch nicht in bestimmten Verhältnissen gemengt; an andern Stellen haben sich Nickel und Eisen chemisch mit einander verbunden, und da diese Verbindung sich schwerer in Säuren löst, als das dazwischen befindliche reine Eisen, so ist man im Stande, durch Aetzung die innere Structur dieser Massen zu erkennen. Versuche dieser Art machte zuerst v. Widmannstätten im Jahre 1808 mit der Eisenmasse von Agram, und späterhin hat Schreibers Zeichnungen dieser Structur mitgetheilt [14]). Werden in einer solchen Masse Flächen ganz rein abgeschliffen und fein polirt und dann mit Salpetersäure übergossen, so erscheint das Gefüge sehr deutlich. Hat die Säure nur kurze Zeit eingewirkt, so erscheinen die Streifen matt und von sehr lichtstahlgrauer, die Figuren oder Zwischenfelder dagegen, welche von ihnen begränzt und eingeschlossen werden, zwar ebenfalls matt, aber dennoch bei schiefer Richtung der Fläche mit einigem Scheine von ihrem Rande her

13) Poggendorff's Ann. IV, 198. XXXIII, 134.

14) Schreiber's Stein- und Metall-Massen S. 70. Taf. VIII u. IX.

Digitized by Google

und von ziemlich dunkler eisengrauer Farbe; die Ränder von beiden endlich sind von einer gemeinschaftlichen zarten Linie eingefaßt, die aber ebenfalls nur bei schräger Richtung und bei Wendungen deutlich sichtbar wird und sich dann durch eine silberweiße Farbe und durch einen starken spiegelnden Glanz auszeichnet. In größeren und kleineren Klüften und in zarten, oft sehr feinen Rissen, aber auch häufig zerstreut eingemengt, oft auch nur als einzelne Körner in die übrige Metallmasse eingesprengt, erscheint eine andere metallische Substanz von ziemlich starkem Glanze und silberweißer oder zinkgrauer, bisweilen etwas ins Gelbliche oder Röthliche ziehender Farbe, auf welche die Säure schon etwas weniger als auf die übrige Oberfläche eingewirkt zu haben scheint. Eben diese Verschiedenheit zeigt sich auch dann, wenn man die Metallmasse in der Hitze blau anlaufen läßt. Die Streifen nämlich erscheinen purpurroth ins Blaue, die Zwischenfelder oder Figuren bald aus dem Blauen, bald aus dem Rothen ins Goldgelbe verlaufend, die Ränder oder Einfassungslinien aber, so wie selbst die Schraffirungslinien rein goldgelb, jene Masse der körnig-bröckligen Substanz endlich von etwas matter und ins Messinggelbe fallender Farbe.

Wird die Aetzung durch Säure längere Zeit fortgesetzt, so erscheinen die einzelnen Theile des Gefüges nicht nur immer deutlicher, sondern in verschiedenem Grade vertieft; die Streifen nämlich sind am tiefsten, die Zwischenfelder etwas weniger tief, deren Einfassünglinien aber und die Massen jener bröcklig-körnigen Substanz am erhabensten. Ist die Aetzung hinreichend lange fortgesetzt, so kann die ganze Zeichnung vermittelst der Druckerschwärze abgedruckt werden und Schreibers hat auf diese Art eine Copie von einem Stücke der Elbogen-Masse geliefert, welche die innere Structur ungemein schön und deutlich zeigt.

Die Zahl der Feuerkugeln und Meteorsteine, welche beobachtet worden sind, ist ziemlich groß. Ich gebe in dem Folgenden ein chronologisches Verzeichniß derselben. Es ist dasselbe ein Auszug aus dem Werke von Chladni; letzterer hat mehrere Nachträge zu demselben geliefert; nach seinem Tode hat v. Hoff dieselben fortgesetzt und Ergänzungen zu den früheren Nachrichten geliefert [15]).

15) Es befindet sich Chladni's erster Nachtrag in Gilbert's Ann. LXVIII, 329. Zweiter Nachtrag, daf. LXXI, 359. Dritter Nachtrag

Ich gebe indessen nur diejenigen Erzählungen, welche historisch erwiesen sind und lasse die meisten davon weg, welche Chladni oder Hoff bezweifeln.

644 vor Chr. fielen in China fünf Steine.

465 v. Chr. Stein bei Aegospotamos.

211 v. Chr. fiel ein Stein in China in der Gegend von Tong-kien.

206 oder 205 v. Chr. zur Zeit des zweiten punischen Krieges sind feurige Steine herabgefallen.

192 v. Chr. fiel ein Stein in China.

176 v. Chr. ist ein Stein in agro Crustumino in den See des Mars gefallen.

91 v. Chr. Feuerkugel, welche die Sonne verdeckte (V).

89 v. Chr. fielen bei heiterm Himmel zwei Steine in China bei Yong.

56 oder 52 v. Chr. ist in Lucanien schwammiges Eisen gefallen.

51 v. Chr. zog eine Feuerkugel von S. nach O. und es fielen Steine, Erde und eine dem Blute ähnliche Substanz herab (V), vielleicht identisch mit der vorigen.

38 v. Chr. fielen in China 6 Steine im Bezirke von Leang.

29 v. Chr. mehrere Steine in China.

22 v. Chr. acht Steine in China bei Pe-ma.

19 v. Chr. drei Steine in China bei Tu-yan.

12 v. Chr. fiel ein Stein in China bei Tu-ku-an.

9 v. Chr. zwei Steine in China.

6 v. Chr. zwei Steinfälle in China.

2 nach Chr. zwei Steine in China zu Kiu-lu.

106 nach Chr. vier Steine in China zu Tchin-lieu.

---

daf. LXXV, 229. Vierter Nachtrag, in Poggendorff's Ann. II, 151. Fünfter Nachtrag, daf. VI, 21 u. 161. Sechster Nachtrag, daf. VIII, 45. Siebenter Nachtrag, daf. XVIII, 174. Achter Nachtrag, daf. XXIV, 221. Neunter Nachtrag, daf. XXXIV, 339. Chladni hat nur die sechs ersten Nachträge geliefert, die späteren rühren von A. v. Hoff her. Um Weitläuftigkeiten zu vermeiden, führe ich die Quellen, aus welchen beide ihre Nachrichten entnommen haben, nicht an; da wo kein Citat gegeben wird, habe ich Chladni's Werk über Feuer-Meteore benutzt; die verschiedenen Nachträge bezeichne ich durch römische in Parenthese eingeschlossene Zahlen.

Digitized by Google

154 n. Chr. in China ein Stein zu Yeu-fu-sung und 2 zu Khian.
310 Feuerkugel und Steinfall in China.
333 Feuerkugel und Steinfall in China.
452 fielen drei große Steine in Thracien.
481 wurde in Africa der Himmel mit dunkeln Wolken bedeckt, und es fielen feurige Steine (VI).
616 Feuerkugel in China, welche zu Uzkien einen Steinfall gab.
648 soll zu Constantinopel ein Stein herabgefallen seyn.
814 oder 813 sah Karl d. Große eine helle Feuerkugel (V).
820 Meteorsteinfall in Deutschland (V).
822 Meteorsteinfall in Sachsen (IX).
852 fiel ein Stein in Masanderan am kaspischen Meere.
856 im December fielen in Aegypten zu Soweida fünf Steine.
893 fielen weiße und schwarze Steine unter heftigem Blitz und Donner nach Abulfaradsch (VIII).
897 fielen in Aegypten Steine nicht weit von Kufah.
921 fielen in Narni viele Steine (IV).
951 oder 952 Meteorsteinfall bei Augsburg.
998 zwei Steine bei Magdeburg.
Zwischen 999 und 1030 fiel in der Provinz Dschordschan an der Ostküste des kaspischen Meeres ein Stück Eisen (IX). Chladni glaubt, es sey nicht lange nach 1009 geschehen.
1020 heftiges Ungewitter in Africa, bei welchem Steine aus der Luft fielen (VIII); Chladni erwähnt diesen Steinfall ebenfalls (S. 196), setzt ihn aber ins Jahr 1021 zwischen den 24. Julius und 21. August.
1057 fiel in Korea zu Hoanghei ein Stein mit einem starken Donnerschlage.
1057 fielen Meteorsteine von beträchtlicher Größe (V. Der Ort, wo sie fielen, ist nicht angegeben).
1095 am 4ten April fiel in Frankreich mit einem Feuermeteore eine glühende Masse und am Abend zeigten sich Sternschnuppen (V).
1108 hatte eine Feuerkugel in China ein weißlich-grünes Licht (I).
1112 fielen bei Aquileja glühende Steine nieder.
1135 oder 1136 Steinfall zu Oldisleben in Thüringen.

Digitized by Google

1151 im Orient großer Fall von Meteorsteinen (VIII).
1164 ist im Meißnischen Eisen niedergefallen.
1249 am 26sten Julius Steine in der Gegend von Quedlinburg, Ballenstädt und Blankenburg.
Zwischen 1251 und 1360 sind viele Steine bei Welikoi-Ustiug in Rußland gefallen.
1280 fiel ein Stein bei Alexandria in Aegypten.
1304 am 1sten October fielen bei Friedeburg an der Saale glühende Steine.
1325 am 22sten Mai große Feuerkugel zu Florenz.
1352 am 22sten October großes Feuer-Meteor mit Detonation in Italien.
1353 am 11. August in Italien ein Meteor wie eine große feurige Schlange.
1354 am 1sten März in Italien ein fliegendes Feuer.
1379 am 26. Mai Meteorstein zu Minden im Hannöverschen.
1421 Meteorstein auf Java.
1465 am 22sten September Feuerkugel bei Paris, eben so am 18ten November.
1474 Steinfall bei Viterbo (I).
1491 am 22sten März fiel ein Stein mit donnerartigem Getöse nicht weit von Crema.
1492 am 7ten November fiel ein 270 Pfund schwerer Stein bei Ensisheim.
1496 am 26sten oder 28sten Januar fielen Steine zwischen Cesena und Bertinoro, ingleichen zu Valdinoce in der Gegend von Forli.
1511 am 4ten Septbr fielen bei Crema nicht weit vom Flusse Adda viele Steine.
1516 fielen in China bei Schun-king-fu sechs Steine.
1520 im Mai fielen in Aragon in einem Dorfe nicht weit von Oliva urd Gandia drei Steine herab.
Zwischen 1540 und 1550 fiel eine große Eisenmasse im Walde bei Naunhof zwischen Leipzig und Grimma.
1548 am 6ten Novbr in Thüringen ein von W nach O gehendes Feuer-Meteor.
1552 am 19ten Mai fielen viele Steine in der Gegend von Schleusingen.

Digitized by Google

1557 am 25sten Januar in Italien großes Feuer-Meteor mit vielem Getöse.
1559 fielen zu Miscolz in Ungarn fünf große Steine.
1560 am 24sten Decbr. Feuer-Meteor zu Lillebonne.
1561 am 17ten Mai Steinfall bei Torgau.
1566 am 17ten Julius Feuerkugel in Paris.
1577 am 11ten October Feuerkugel in der Schweiz.
1580 am 27. Mai Steinfall bei Nörten unweit Göttingen.
1581 am 26sten Julius fiel zu Niederreißen bei Buttelstädt in Thüringen ein 39 Pfund schwerer Stein.
1583 am 9ten Januar fiel bei Castrovillari in Abruzzo ein 33 Pfund schwerer Stein.
1583 am 2ten März sah man in Piemont ein von W nach O ziehendes Feuer-Meteor, aus welchem ein Stein fiel.
1584 am 19ten Februar Feuerkugel zu Zürich.
1596 am 1sten März fielen zu Crevalcore im Bezirk von Ferrara Steine.
1601 am 28sten fiel im Hanau-Lichtenbergischen ein greulicher Haufen Feuer vom Himmel (IX).
1603 am 10ten Septbr. sah man in der Schweiz eine von N nach S gehende Feuerkugel.
1618 am 7ten März Feuer-Meteor in Paris.
1618 in der zweiten Hälfte des August hat sich in Steyermark mit einem Feuermeteor ein Niederfall von Steinen ereignet.
1618 fiel in Böhmen eine metallische Masse.
1621 am 17ten April fiel in Indien ein Meteorstein.
1622 am 10ten Januar Meteorstein in Devonshire.
1623 am 10ten März Feuerkugel in Zürich.
1623 am 17ten November Feuerkugel von W nach O in ganz Deutschland.
1628 am 9ten April fiel ein 24 Pfund schwerer Stein bei Hatford in Berkshire.
1634 am 27sten October Steinfall in der Grafschaft Charollois im ehemaligen Herzogthum Burgund.
1636 am 6ten März fiel zwischen Sagan und dem Dorfe Dubrow in Schlesien bei heiterm Himmel ein Stein.
1637 am 3ten October große Feuerkugel in Frankreich (VI).

Digitized by Google

1637 am 29sten November sah man im südöstlichen Frankreich eine vielfarbige Feuerkugel, aus welcher ein 38 Pfund schwerer Stein fiel.

1641 am 25sten September große Feuerkugel in der Lausitz.

1642 am 4ten August fiel ein Stein zwischen Woodbridge und Alborow in Suffolk.

1642 im Anfange Decembers Feuerkugel und Meteorsteinfall in Ungarn.

1643 am 6ten Februar sah man bei Glarus ein Feuer-Meteor, das zwei Explosionen machte.

1643 oder 1644 sind in dem ostindischen Meere einige Steine auf ein Schiff gefallen.

1647 am 18ten Februar sah man bei Zwickau ein Feuer-Meteor, welches Flammen und Funken warf und aus welchem mit großem Krachen ein einen halben Centner schwerer Stein fiel.

1647 im August Steinfall bei Stolzenau in Westphalen.

1648 am 8ten Januar Feuerkugel im Neapolitanischen.

1648 am 10ten Januar große Feuerkugel bei Glückstadt.

1649 am 1sten September Feuerkugel im Hamburg.

1650 am 6ten August Steinfall zu Dordrecht.

1651 am 7ten Januar in der Schweiz eine Feuerkugel mit anhaltendem Getöse wie Kanonenschüsse.

1654 am 30sten März fielen viele Steine auf der Insel Fünen.

1660 am 25sten Februar Feuer-Meteor zu Wittenberg (V).

1661 am 20sten Januar Feuerkugel in der Schweiz.

1662 am 26sten April Feuerkugel zu Königsberg in Preußen.

1663 am 13ten März Feuerkugel bei Malmöe in Schonen, welche mit einem Knalle zersprang.

1664 am 8ten April eine Feuerkugel in Sachsen.

1668 am 19ten oder 21sten Junius zog eine Feuerkugel im nördlichen Italien von W nach O, aus welcher Steine im Veronesischen herabfielen.

1671 am 27sten Februar Meteorsteinfall in der Ortenau in Schwaben.

1674 am 4ten October fielen im Canton Glarus zwei große Steine.

Digitized by Google

Zwischen 1675 und 1677 sollen bei Copinsha, einer der orcadischen Inseln, Steine auf ein Schiff gefallen seyn.
1676 am 24sten Januar mit einem Knalle zerspringende Feuerkugel in der Schweiz; dasselbe geschah am 21sten Februar.
1676 am 31sten März Feuerkugel in Italien und Deutschland.
1676 am 20sten September Feuerkugel in England.
1677 am 28sten Mai Steinfall bei Großenhain in Sachsen.
1678 am 6ten Februar fliegender Drache in Frankfurt a. M.
1680 am 22sten Mai Feuerkugel im nördlichen Deutschland.
1680 am 17ten December Feuerkugel in Kurland, die von O nach W ging.
1682 im December Feuerkugel in Sachsen.
1685 am 12ten August Feuerkugel in Leipzig.
1684 am 19ten Mai Feuerkugel bei Annaberg in Sachsen.
1684 am 15ten November zwischen Joachimsthal und Gottesgabe große Feuerkugel mit langem Schweife.
1684 am 17ten November Feuerkugel in der Bretagne.
1686 am 19ten Julius Feuerkugel in Leipzig.
1687 am 22sten Mai Feuerkugel in Paris.
1688 am 17ten April Feuerkugel mit langem wellenförmigen Schweife in Heilbronn.
1690 am 2ten Januar Steinfall in Jena (VII).
1692 am 9ten April zu Temeswar ein Feuer-Meteor mit einem schrecklichen Knalle.
1697 am 31sten Januar Steinfall bei Siena.
1698 am 19ten Mai Steinfall im Berner Oberlande.
1700 am 7ten Januar ging in der Normandie eine große Feuerkugel von WNW nach OSO und zerplatzte. In eben diesem Jahre Steinfall auf Jamaica.
1704 am 25sten December große Feuerkugel in Spanien, aus welcher nach heftiger Explosion bei Barcelona Steine fielen (VI).
1706 am 20sten März Feuer-Meteor in England.
1706 am 7ten Junius fiel bei Larissa in Griechenland ein 72 Pfund schwerer Stein.
1708 am 31sten Julius Feuerkugel in England.
1709 am 4ten März Feuerkugel in Lima.
1710 am 17ten Mai Feuerkugel in England.

Digitized by Google

1739 am 2ten December in England eine von N nach S mit vielem Getöse gehende Feuerkugel.

1740 in der Nacht vom 23. zum 24. Februar Feuerkugel, welche mit heftigem Donner zerplatzt und von welcher man bei Toulon Stücke ins Meer fallen sieht.

1740 am 25sten October Steinfall bei Rasgrad an der Donau in der Türkei [16]).

1741 am 11ten December Feuerkugel in England mit heftiger Explosion und Hinterlassung von vielem Rauche.

1742 am 24sten November eine von SW nach NO gehende Feuerkugel in Nord-America.

1742 am 16ten December in London eine Feuerkugel mit langem Schweife, die sich schlangenförmig von SgW nach NgO bewegt.

1744 am 7ten Mai Feuerkugel in Oxford.

1744 am 27sten Mai blaue Feuerkugel mit zugespitztem Schweife in London.

1745 am 13ten Januar Feuer-Meteor zu Arnheim.

1745 am 13ten October röthliche Feuerkugel mit weißem Schweife in Bologna.

1746 am 8ten Mai Feuer-Meteor in Essex.

1749 am 4ten November blaue Feuerkugel auf dem atlantischen Meere.

1750 am 9ten Februar in Schlesien eine von SW nach NO ziehende Feuerkugel, welche mit starkem Getöse in vier Stücke sprang, welche herabgefallen seyn sollen.

1750 am 12ten April eine feuerrothe von SO nach NW ziehende Feuerkugel in Hamburg.

1750 am 7ten Junius Feuerkugel in Norwich in England.

1750 am 22sten Julius eine von N nach S gehende Feuerkugel in England.

1750 am 11ten October Steinfall zu Nicorps bei Coutances im Departement de la Manche.

1751

16) Chladni Feuer-Meteore S. 212 setzt diesen Steinfall ins Jahr 1740; dagegen v. Hoff in Poggendorff's Ann. XXIV, 222 ins Jahr 1770; beide stützen sich auf Untersuchungen von Hammer.

Digitized by Google

1751 am 26sten Mai sah man in Agram, Hannover und Neustadt an der Aisch eine Feuerkugel, aus welcher bei Hradschina im Agramer Comitate zwei Eisenmassen herabfielen.

1752 am 19ten Junius zu Nismes eine von N nach S gehende Feuerkugel.

1752 am 25sten December zu Glasgow eine von NO nach SW gehende Feuerkugel, welche alle Regenbogenfarben spielte und in viele Stücke zersprang.

1753 am 3ten Julius großer Steinfall in der Gegend von Tabor in Böhmen. Der größte der Steine wog etwa 13 Pfund.

1753 im September fielen bei Laponas in Bresse nach einer heftigen Explosion zwei Steine, von denen der eine 20, der andere 11½ Pfund wog.

1753 am 4ten November Feuerkugel in Frankreich, welche mit Detonation zerplatzte.

1754 am 26sten Februar in England Feuerkugel mit zugespitztem Schweife.

1754 am 15 August Feuerkugel in England und Holland.

1755 im Julius Steinfall bei Terranova in Calabrien.

1755 am 27 November große Feuerkugel von SW nach NO zu Wexiö in Schweden, welche einen dicken Rauch hinterließ.

1756 am 2ten Januar Feuer-Meteor in Irland.

1756 am 15ten Januar von SW nach NO ziehende Feuerkugel zu Milverton in Sommersetshire, welche viel dicken Rauch zurückließ.

1756 am 21. Januar Abends, am 26sten Januar früh und Abends Feuerkugeln in England.

1756 am 28sten Februar Feuerkugel zu Köln.

1756 am 3ten März in Frankreich Feuerkugel, die mit rollendem Getöse wie eine Rakete zersprang.

1756 am 29. April große Feuerkugel zu Nevington in England.

1757 am 18ten Februar bei Rouen eine Feuerkugel mit einem Schweife, der sich wie drei schlangenförmige Streifen zeigte, deren jeder sich mit einem Sterne endigte.

1757 am 26sten Februar in Irland eine von W nach O gehende Feuerkugel mit einem Schweife.

1758 am 26sten November über England und Schottland eine von SO nach NW gehende Feuerkugel.

1758 am 22sten December Feuerkugel zu Colchester.

1759 am 4ten Mai Feuerkugel in Neufundland.

1759 am 20sten October in England eine von N nach S gehende Feuerkugel, welche blaue Funken auswarf.

1760 am 10ten Mai in Nord-America eine von NW nach SO gehende Feuerkugel, welche einen langen Schweif nach sich zog und dreimal explodirte, wobei man das Geräusch an Orten hörte, welche 80 englische Meilen von einander entfernt waren.

1761 am 26sten Januar in der Gegend von Copenhagen eine von S nach N gehende Feuerkugel, welche mehemals ihre Farbe änderte (IV).

1761 am 3ten November zu Whitby in England eine von NO nach SW gehende Feuerkugel mit einem langen Schweife.

1761 am 12ten November Feuerkugel von NW nach SO, welche mit heftiger Explosion zersprang.

1762 am 30sten April großes Feuer-Meteor in Schweden mit heftiger Explosion.

1762 am 24sten Julius Feuerkugel in Sachsen, Brandenburg, welche von SSW nach NNO zog, und mit einem 20 Meilen weit hörbaren Geräusche zersprang.

1762 am 5ten December in England Feuerkugel mit langem schlangenförmigen Schweife.

1762 am 27sten December Explosionen in mehreren Gegenden Schwedens.

1763 am 13ten Januar in einem großen Theile von Schweden eine von N nach SW ziehende Feuerkugel, welche Strahlen warf und später heftig explodirte.

1763 am 15ten Januar zu Reading in England Feuerkugel mit langem Schweife.

1763 am 29sten April Feuerkugel in Paris.

1764 am 19ten November Feuer-Meteor in Paris.

1765 am 11ten October in Sussex eine von NO nach SW gehende Feuerkugel, welche mit heftigem Gepolter zersprang.

1766 im Julius fiel ein Stein bei Alboreto, nicht weit von Modena.

1766 am 26sten October von NW nach SO ziehende Feuerkugel in England.

Digitized by Google

1768 am 13ten September Steinfall bei Luce', im Departement de la Sarthe.

1768 am 20ſten November fiel ein 38 Pfund ſchwerer Stein bei Maurkirchen im Innviertel.

1771 am 17ten Julius große Feuerkugel in Frankreich und England.

1771 am 9ten November ſah man um 9^h Abends zu Böringen auf der ſchwäbiſchen Alp eine Feuerkugel in SW [17]).

1772 am 10ten Februar in mehreren Gegenden von England eine von NW nach SO gehende Feuerkugel mit kegelförmigem Schweife.

1773 am 29ſten Julius bei Creſpi in Frankreich eine Feuerkugel mit einem Schweife. 7 Minuten nach dem Zerſpringen hörte man den Knall.

1773 am 8ten Auguſt eine von W nach O ziehende Feuerkugel in England mit heftiger Exploſion.

1773 am 17ten November Steinfall bei Sena in Aragonien. Die Maſſe wog über 9 Pfund.

1775 am 19ten September Steinfall bei Rodach im Coburgiſchen. Der Stein wog $6\frac{1}{2}$ Pfund.

1775 oder 1776 fielen einige Steine bei Obruteza in Volhynien.

1776 oder 1777 im Januar oder Februar fielen Steine bei Fabbriano, im Bezirke von Sanatoglia.

1776 am 12. Mai in Mexico eine von O kommende Feuerkugel.

1776 am 11ten Julius heftig explodirende Feuerkugel zu Oxford.

1778 im Februar Feuerkugel in Berlin.

1778 am 26ſten Auguſt zu Sondrio im Veltlin eine Feuerkugel, welche Sprünge und bei jeder Senkung eine Exploſion machte.

1779 am 8ten März in Frankreich im Departement de l'Ain eine von O nach W gehende Feuerkugel.

1779 am 5ten Auguſt in Peking eine von NW nach SO gehende Feuerkugel, welche mit heftigem Getöſe zerſprang.

---

17) Chladni und Hoff erwähnen dieſe Feuerkugel nicht. Die Nachricht findet ſich in Höslin Meteorologiſche und Witterungsbeobachtungen auf 19 Jahre. 4. Tübingen 1784. S. 150.

1779 am 31sten October in Virginien eine nach N oder NNW gehende Feuerkugel.

1779 Steinfall in der Grafschaft Westmeath in Irland.

1780 am 11ten April sah man zu Nottingham in England ein von NO nach SO ziehendes Meteor, welches mit schrecklichem Getöse zerplatzte, worauf bei Beeston Steine niederfielen.

1782 in einer schönen Sommernacht sah man im nördlichen Italien eine von NO nach SW sich bewegende Feuerkugel, welche mit schrecklichem Getöse zerplatzte, worauf bei Turin Steine fielen.

1783 am 18ten August Feuerkugel in England, Schottland, Frankreich und Rom.

1783 am 4ten October sah man in England ein von NNO kömmendes Feuer-Meteor, das erst wie eine Sternschnuppe von rother Farbe erschien, sich schnell zu einer Feuerkugel von starkem bläulichen Lichte vergrößerte und schnell verschwand.

1784 am 11ten September eine von SSO nach NNW gehende Feuerkugel im ganzen nördlichen Italien.

1785 am 10ten Januar zu Valence eine nach N gehende Feuerkugel.

1785 am 19ten Februar Steinfall im Eichstädtschen.

1785 in der Nacht vom 31. Mai zum 1. Julius Feuerkugel zwischen Florenz und Bologna.

1786 am 10ten April zu Moura in Portugal eine von NO nach SW gehende Feuerkugel mit Explosion.

1786 im November bemerkte man in der Pfarrei von Urecho, nicht weit von Valladolid in Neu-Spanien zwei Nächte hinter einander explodirende Feuerkugeln.

1787 gegen Ende August Feuerkugel zu Portsmouth in New-Hampshire in Nord-America.

1787 am 1sten September große in Bogensprüngen fortziehende Feuerkugel in Edinburg.

1787 am 1sten October Steinfall im Gouvernement Charkow in Rußland.

1788 am 17ten October in Connecticut und New-York eine schnell von O nach W ziehende Feuerkugel.

Digitized by Google

1789 an einem Sommerabend wurde eine Feuerkugel in der Gegend von Worms gesehen.

1790 am 24sten Julius großer Steinfall bei Barbotan, Créon, Juillac ꝛc. zwischen Roquefort im Departement des Landes, Mezin im Departement du Lot et Garonne, und Eause im Departement du Gers. Man sah eine Feuerkugel größer als der sehr hell scheinende Mond, mit einem fünf- bis sechsmal längern Schweife, der von der Kugel ab immer schmäler ward und in eine Spitze auslief. Die Kugel und der vordere Theil des Schweifes waren weiß, die Spitze dunkelroth und fast blutroth. Sie bewegte sich von NO nach SW. Bald darauf zersprang sie wie eine Bombe in mehrere Stücke, welche in verschiedenen Richtungen niederfielen, und von denen einige blutroth waren und in der Luft verloschen. Dabei hörte man eine große Explosion, wobei die Fenster zitterten und einige sich öffneten. An der Stelle des Zerspringens sah man ein weißes Wölkchen. Die Zahl der gefallenen Steine war sehr groß, einige waren über 20 Pfund schwer.

1791 am 17ten Mai Steinfall in Toscana.

1792 am 18ten April Feuerkugel zu Lima, welche nach S zog.

1792 im September große Feuerkugel in Mainz.

1793 am 13ten Januar Feuer-Meteor in England.

1794 am 28sten März desgleichen in England.

1794 am 16 Junius sah man in der Gegend von Siena eine von O herkommende Feuerkugel mit langem Schweife; Andere sahen eine kleine, sonderbar gestaltete Wolke, welche Flammen, Funken und Rauch auswarf und mehrere Explosionen machte, wobei viele Steine niederfielen, welche anfänglich wie Pulver rochen. Am Himmel blieb ein weißes Wölkchen, nach Chladni Rauch des Meteors, noch längere Zeit sichtbar.

1795 am 13ten April Steinfall auf der Insel Ceylon.

1795 am 13ten December Fall eines 56 Pfund schweren Steines bei Woldcottage in Yorkshire, welcher von SW zu kommen schien.

1796 am 4ten Januar Steinfall bei Belaja Zerkwa im südlichen Rußland.

Digitized by Google

1796 am 19ten Februar Fall eines 10 Pfund schweren Steines bei San Michele de Mechede in Portugal.

1796 am 8ten März große Feuerkugel in der Lausitz, Sachsen, Brandenburg, Schlesien und Böhmen.

1797 am 13ten Julius Feuerkugel in Göttingen.

1798 am 8. oder 12. März sah man in Genf und Savoyen eine Feuerkugel, welche sich mit heftigem Sausen etwa von O nach W bewegte, einen langen leuchtenden Schweif hinter sich zog, unter einem fast beständigen Aufwallen Feuerfunken auswarf, mit starkem Getöse zerplatzte, worauf bei Sales, nicht weit von Villefranche, ein Stein herabfiel.

1798 am 28sten Julius explodirende Feuerkugel in England.

1798 am 22sten September große Feuerkugel in Kent, Suffolk und andern Gegenden von England, welche von SW nach SO zog, also wohl von W nach O.

1798 am 20. November Feuerkugel bei Billericay in England.

1798 am 13ten December große Feuerkugel, aus welcher bei Benares in Hindostan Steine herabfielen.

1799 am 2ten November eine von NO nach SW gehende Feuerkugel zu Pocklington in England.

1799 am 7ten November grünliche Feuerkugel zu S. Louis de Potosi in Mexico.

1799 am 12ten November von SW nach NO ziehende Feuerkugel in England; an demselben Abend gleichzeitig in Süd-America, Labrador und Deutschland viele Sternschnuppen.

1800 am 1sten April Feuerkugel und Steinfall bei Bumstead in Essex.

1800 am 5ten April bei Baton-rouge in Nord-America Feuerkugel von SW nach NO, welche mit heftigem Getöse zerplatzte und niederfiel.

1800 am 8ten August Feuerkugel in Nord-America.

1800 im August zwei kleine Feuerkugeln in Halle.

1801 sah man auf Isle de France etwas von W her wie eine lichte Wolke kommen, die mit einem Knalle zersprang; auf der Isle des Tonneliers fielen mehrere Steine.

1801 am 19ten Junius Feuerkugel zu Halle.

1801 am 14ten Julius Feuermeteor zu Montgaillard.

Digitized by Google

1801 im August sah man im Departement de l'Ain eine von SW nach NW (also wohl von S nach N) gehende Feuerkugel, die mit einer Explosion in viele kleine Kügelchen sprang.

1801 am 23sten October grünliche Feuerkugel in Colchester.

1802 am 10ten August von N nach S ziehende Feuerkugel in Quedlinburg.

1802 in der Mitte Septembers Steinfall in Schottland auf einem Berge am Loch Tay.

1803 am 26sten April Steinfall bei l'Aigle, im Departement de l'Orne. Bei heiterm Himmel, an welchem sich nur unbedeutende Wölkchen zeigten, sah man zu Caen, Falaise, Pont d'Andemer, Vernon, Alençon u. s. w. eine Feuerkugel, die sich schnell von SO nach NW bewegte. Einige Augenblicke darauf hörte man in der Gegend von Aigle, in einem Bezirk, dessen Radius mehr als 30 französische Meilen betragen mochte, eine starke Explosion, welche 5 bis 6 Minuten dauerte und 3 bis 4 Kanonenschüssen und darauf folgendem kleinen Gewehrfeuer und einem schrecklichem Getöse, wie von vielen Trommeln ähnlich gefunden wurde. Das Meteor, welches dieses Getöse machte, erschien als ein kleines Wölkchen, welches etwa die Gestalt eines Rectangels hatte, dessen größte Seite von O nach W gerichtet war. Dieses Wölkchen schien während der Zeit dieser Erscheinung still zu stehen, nur einiges von den Dämpfen, woraus es bestand, entfernte sich nach allen Richtungen durch die auf einander folgenden Explosionen. Es muß eine sehr bedeutende Höhe gehabt haben, weil die Einwohner von Vassolerie und Bois-la-Ville, welche beide Orte über eine französische Meile von einander entfernt sind, es zugleich senkrecht über sich zu sehen glaubten. In der ganzen Gegend, über welcher das Wölkchen schwebte, hörte man ein Zischen, wie von Steinen, welche aus einer Schleuder geworfen werden, und es fielen etwa 2000 Steine nieder, von denen der größte 17½ Pfund wog. Die Gegend, über welche die Steine sich verbreitet hatten, bildet eine Ellipse, deren große Axe sich von SO nach NW erstreckt und eine Länge von 2½ franz. Meilen hat. Die kleinsten Steine lagen

Digitized by Google

am SO Ende, und von hier nahmen ihre Dimensionen nach NW hin ab.

1803 am 4ten Julius Feuerkugel und Meteorsteinfall zu East Norton in England.

1803 im Julius sah man in Bologna einen von SO kommenden leuchtenden Rauch, der eine starke Explosion machte.

1803 am 22sten September Feuerkugel in Genf und Befort.

1803 am 8ten October Steinfall bei Saurette im Departement Vaucluse, wobei man ein heftiges Krachen in einem Kreise hörte, dessen Umfang größer als 15 franz. Meilen war.

1803 am 10ten October sah Krusenstern auf dem atlantischen Meere in 37° 40′ N und 14° 5′ eine Feuerkugel (II).

1803 am 6. oder 13. November Feuerkugel in England.

1803 am 16ten November zu Genf eine von SO nach NW ziehende Feuerkugel.

1803 am 13ten December Feuerkugel zu Ekaterinenburg.

1803 am 13ten December Steinfall zu St. Nicolas bei Mäßing im baierischen Innviertel.

1803 am 16ten December zu Schwarzenberg eine von O nach W gehende Feuerkugel.

1804 am 5ten April Steinfall in der Nähe von Glasgow.

1804 am 15ten April von S nach N ziehende Feuerkugel in Genf und Neufchatel.

1804 am 29ten Julius von O nach W ziehende Feuerkugel in Frankfurt a. d. O.

1804 am 19ten August Feuerkugel in Oldenburg.

1804 im September Feuerkugel in Tunbridge in England.

1804 am 10. oder 12. September von SSW nach NNO ziehende Feuerkugel in Weimar, Jena und Leipzig.

1804 am 2ten December in Finnland eine große Feuerkugel mit Explosion.

1805 am 1sten Februar in Sachsen eine von WSW nach ONO gehende Feuerkugel mit Explosion. — Am Abend desselben Tages Feuerkugel in Frankfurt a. d. O. und Halle.

1805 am 25sten März Steinfall bei Doroninsk im Gouvernement Irkutzk.

1805 im Junius Steinfall zu Constantinopel.

1805 am 21sten Julius Feuerkugel in London.

Digitized by Google

1805 am 21sten October Feuer-Meteor in Schlesien.

1805 am 23sten October Sternschnuppe in einem großen Theile von Deutschland.

1806 am 11ten Februar Feuerkugel in Stockholm.

1806 am 15. März Steinfall bei Alais, Departement du Gard.

1806 am 17ten Mai Steinfall bei Basingstoke in Hantshire.

1806 am 17ten Julius in England eine von SO nach NW gehende Feuerkugel.

1806 am 23. Septbr explodirende Feuerkugel in Weimar.

1806 am 28sten September von N nach S oder von NW nach SO gehende Feuerkugel zwischen Memmingen und Lindau.

1806 am 22sten December eine sehr glänzende von SW nach NO ziehende Feuerkugel in Northamptonshire in England.

1807 am 6ten März in Genf und Glasgow eine von SO nach NW gehende Feuerkugel mit einem langen Schweife, dessen Ende funkelte.

1807 am 13ten März fiel ein 140 Pfund schwerer Stein bei Timochin im Juchnowschen Kreise im Smolenskischen Departement.

1807 am 9ten August Feuerkugel in Nürnberg.

1807 im September in Jühnen und Jütland eine von NO nach SW gehende Feuerkugel.

1807 am 14ten December Steinfall bei Weston in Connecticut in Nord-America. Der Himmel war nur theilweise mit Wolken bedeckt, aber längs des nördlichen Horizontes war ein Raum von 10 bis 15 Graden vollkommen klar. Eine plötzliche Helle erregte gegen 6½ Uhr Morgens die Aufmerksamkeit und man sah eine Feuerkugel von N herkommen, deren Licht auch noch durch eine Wolke bemerkbar war, hinter welche sie bei ihrem Fortgange trat. Sie erhob sich scheinbar in einer auf den Horizont fast senkrechten, ein wenig gegen Westen geneigten Richtung. Wenn man sie an einer heitern Stelle des Himmels sah, war ihr Licht nicht ganz so stark, als das des Blitzes. Sie zog einen konischen Schweif nach sich, der etwas blasser und wallend war. Die Funken sprühende Kugel machte drei Explosionen nach einander, wobei man jedesmal einen Sprung bemerkte. Nach jeder Explosion ward das Licht schwächer, bis es endlich

nach der dritten verschwand. Bei jeder dieser Explosionen wurden Steine heruntergeworfen; der größte von diesen wog 35 Pfund.

1808 am 19ten April Steinfall im Bezirke von Borgo San Donino im Parmesanischen. Man hörte zwei heftige Explosionen, worauf mehrere von geringerer Stärke folgten, und es fielen mehrere Steine.

1808 am 21. Mai sah man zu Ferentino im Kirchenstaate um 8^h Morgens helle Flammen am Himmel, die bald in zwei große Feuersäulen zusammengingen, welche mit großer Geschwindigkeit von W nach S zogen und sich in eine Feuerkugel vereinigten, welche endlich mit fürchterlichem Krachen zerplatzte und Flammen zur Erde fallen ließ.

1808 am 22sten Mai Steinfall bei Stannern in Mähren. Morgens gegen 6 Uhr hörte man bei heiterm Himmel und plötzlich eingetretenem Nebel einen heftigen Knall, nach diesem mehrere schwächere Schläge und sodann ein starkes Rollen, Brausen und Pfeifen, und es fielen viele Steine herab.

1808 am 29. Mai in 35° 29′ N und 6° 45′ W Feuerkugel mit einem Schweife, die sich in 7 bis 8 kleinere auflöste.

1808 am 4ten Junius Feuerkugel in Dessau.

1808 am 29sten Julius Feuerkugel zu Troston in England.

1808 am 15. August von N nach S ziehende Feuerkugel in Wien.

1808 am 3ten September Steinfall bei Lissa in Böhmen.

1808 am 11ten November Feuerkugel in England.

1808 am 29sten December von NO nach SW gehende Feuerkugel in Bern.

1809 am 9ten April Feuer-Meteor bei Tours.

1809 am 29sten Julius Feuerkugel mit Explosionen zu Neuwedel in der Neumark.

1809 am 28sten August zerplatzende Feuerkugel in Parma.

1809 am 12ten October Feuerkugel in London.

1809 am 29sten November Feuerkugel in München.

1810 am 3ten Januar früh Feuerkugel in Genf und Bern.

1810 am 30sten Januar Steinfall in der Grafschaft Caswell in Neu-Connecticut in Nord-America.

1810 in der Mitte Julius Steinfall in der Nähe von Shabad in Ostindien.

Digitized by Google

1810 im August Steinfall zu Mooresfort in der Grafschaft Tipperary in Irland.

1810 am 25. Novbr Steinfall in der Gegend von Charsonville bei Orleans. Bei ganz heiterm Himmel und ruhigem Wetter, mit schwachem Südwinde sahen Viele eine beträchtliche Feuerkugel, welche von N nach S ging, einen langen Schweif nach sich zog und bei dem Zerplatzen nach allen Seiten Feuer und Flammen warf. Man hörte drei Schläge und es fielen drei Steine, von denen aber nur zwei gefunden wurden, welche 40 und 20 Pfund wogen.

1810 am 28sten November mehrere leuchtende Meteore in der Nähe der Insel Cerigo (VIII).

1810 am 30sten December von NW nach SO ziehende Feuerkugel in Grönland.

1811 am 18ten Februar Feuerkugel in Olmütz (I).

1811 zwischen dem 12. und 13. März Steinfall in Kuleschowka im Romenschen Kreise, im Gouvernement Pultawa.

1811 am 15. Mai Feuerkugel in Frankreich und Deutschland.

1811 am 8ten Julius Steinfall bei Burgos in Spanien.

1811 im Julius Feuerkugel in Heidelberg. Sie stieg erst aufwärts, platzte und ging dann wieder schnell in Gestalt einer ununterbrochenen Funken sprühenden Feuersäule nieder (I).

1811 am 22sten November Feuer-Meteor in Neu-Orleans.

1812 am 28sten Januar von N nach S gehende Feuerkugel mit langem Schweife in Baden und der Schweiz.

1812 am 30sten Januar explodirendes Feuer-Meteor in Louisville in Kentucky. Es scheint sich dieses zu Pittburg am 7ten Februar und zu Livington am 8ten Februar wiederholt zu haben.

1812 am 10ten April Steinfall bei Toulouse. In Perigueux, wo man bei heiterm Wetter um $8\frac{1}{2}$ Uhr Abends die Feuerkugel sah, bemerkte man eine plötzliche Helligkeit am südlichen Theile des Himmels. Fast in demselben Augenblicke erschien mitten in diesem Lichte ein vorzüglich leuchtender Punkt und es bildete sich eine Feuerkugel, deren Durchmesser dem des Mondes fast gleich war und welche eine leuchtende Spur zurückließ. In Toulouse bemerkte man wegen des bewölkten Himmels nur ein anhaltendes Leuch-

Digitized by Google

ten und hörte mehrere Detonationen; es fielen dann mehrere Steine herab.

1812 am 15ten April Steinfall bei Erxleben zwischen Magdeburg und Helmstädt. In Dessau hatte man die Feuerkugel von SO nach NW ziehen sehen.

1812 am 5ten August Herabfallen eines 69 Pfund schweren Steines bei Chantonay in der Vendée.

1812 am 23sten August Feuerkugel in Utrecht, deren Ausbildung sehr gut beobachtet wurde. Es erschien um 9^h Abends ein von SO kommender rother Lichtgürtel, ungefähr zweimal so breit, als der Durchmesser des Mondes; dieser ging hernach mit dem Horizonte parallel, etwa 20^0 hoch nach N. Anfänglich bestand er aus parallelen feurigen Streifen, welche hinterwärts in mehrere lange Spitzen ausliefen. Hernach flossen diese Streifen zusammen. Das Licht und die Glut nahmen zu und in wenigen Minuten ward der Gürtel feuerroth, in der Mitte fast wie glühendes Eisen. Aus der Mitte schossen Feuerströme nordwärts und schienen zurückzukehren, so daß sie sich wohl dreimal ausdehnten und zusammenzogen. Hernach schoß aus der am meisten glühenden Mitte gleichsam ein Stern, nach Norden zu, der in weniger als 2 Secunden wenigstens halb so groß als der Mond ward und ein feurig funkelndes Licht zeigte. Das ganze Schauspiel mochte 6 Secunden gedauert haben, als die Feuerkugel an Licht schwächer ward und wieder in das mittelste Gürtelstück zurückkehrte, welches sie ausgeworfen hatte. Sie war in dem Feuerstrome noch für einen Augenblick zu unterscheiden. Der Lichtgürtel verschwand langsam.

1812 am 13ten September zu San Christoval bei Segovia eine von NW nach SO ziehende Feuerkugel.

1812 am 15ten November in Carlsruhe, Salzburg, Wien und Böhmen Feuerkugel mit Schweif.

1813 am 27sten Januar Feuerkugel in Brünn.

1813 am 14ten März rother Regen in mehreren Gegenden von Italien und Steinfall bei Citro in Calabrien.

1813 am 21sten März Feuerkugel in New-Haven in Conecticut (VII).

Digitized by Google

1813 am 10ten September Steinfall in der Grafschaft Limerick in Irland.

1813 am 20sten October Feuer-Meteor in Schwaben und der Schweiz.

1813 am 8. November Feuerkugel zwischen Woodfort und Harkney in England. Am Abend waren viele Sternschnuppen.

1813 am 10ten November Feuer-Meteor in Sunderland in England.

1814 am 27sten Januar explodirende Feuerkugel in Augsburg und München.

1814 am 3ten Februar Steinfall im District von Bachmut im Gouvernement Ekaterinoslaw in Rußland.

1814 in der Mitte des März Steinfall zu Sawotaipola, unweit Friedrichshamm in Finnland.

1814 am 19ten April eine von N nach S ziehende Feuerkugel mit langem Schweife (in Berlin?).

1814 am 29sten Julius explodirende mit bläulichem Lichte erscheinende Feuerkugel auf dem Genfer-See.

1814 am 5ten September Steinfall bei Agen im Departement du Lot et Garonne; die größten derselben wogen etwa 18 Pfund.

1814 am 8ten September Feuerkugel in Augsburg.

1814 am 18ten October Feuerkugel in Deutschland.

1814 am 5ten November Steinfall in Doab in Ostindien; in allem wurden 25 Steine gefunden.

1814 am 9ten November von N nach S ziehende Feuerkugel in Moscau.

1814 am 2ten December Feuerkugel in London.

1815 am 18. Februar Steinfall bei Duralla in Ostindien (I).

1815 am 30sten April in Florenz Feuerkugel mit Explosion, welche sich in Funken theilte (I).

1815 am 10ten Mai in Worcester in England eine von SO nach NW gehende Feuerkugel mit blauem Lichte.

1815 am 16ten September Feuerkugel in Göttingen und Gotha mit Explosion.

1815 am 29sten September Feuerkugel in London.

1815 am 3ten October Steinfall bei Chassigny im Departement de la haute Marne. Man fand etwa 60 Stücke.

Digitized by Google

1816 am 8ten oder 9ten Januar Feuerkugel in Pesth.

1816 am 23sten März große von N nach S gehende Feuerkugel mit Explosion in Berkshire und Oxford.

1816 am 7ten August von S nach N gehende Feuerkugel mit Explosion in Nagybanya in Ungarn.

1816 am 15ten August Feuerkugel in Schottland.

1816 am 20sten December Feuerkugel zu Pesth in Ungarn, eben dieses geschah am 21sten December (II).

1816 am 22sten December von SW nach NO ziehendes Feuer-Meteor an der Gränze Mährens.

1817 in der Nacht vom 2. bis 3. März zerspringende Feuerkugel zu Gothenburg und Odensee in Fühnen.

1817 am 18ten März Feuerkugel mit heftigen Explosionen im Departement du Lot et Garonne.

1817 am 10ten April in Tabor in Böhmen eine von NO nach SW gehende Feuerkugel, welche eine heftige Explosion machte, wobei sie in viele Theile zersprang, welche sich wie Sternschnuppen zur Erde senkten und ohne Geräusch verloschen.

1817 am 27sten April im westlichen Deutschland eine mit Getöse in viele Stücke zerspringende Feuerkugel, welche von NW nach SO zog.

1817 am 7ten August Feuer-Meteor in Augsburg.

1817 am 8ten September in mehreren Gegenden Englands Feuerkugel.

1817 am 17ten October Feuerkugel zu Aachen.

1817 am 19ten November Feuerkugel zu Rochelle.

1817 am 8ten December Feuerkugel mit Explosion und Getöse zu Ipswich in England.

1818 am 18ten Januar ist zu Turuchansk in Sibirien ein immer anwachsendes Krachen in der Luft wohl eine halbe Stunde lang gehört worden, darauf ein schlangenförmiges Feuer-Meteor erschienen und bald verschwunden.

1818 am 28sten Januar Feuerkugel mit Schweif in Campbell Town bei dem Fort St. George.

1818 am 6ten Februar mit Getöse explodirende Feuerkugel in England.

Digitized by Google

1818 am 15ten Februar mit Getöse explodirende Feuerkugel in mehreren Gegenden des südwestlichen Frankreichs.

1818 am 2ten März Feuerkugel in 22° 2′ S und 289° 40′ Greenw. (II).

1818 am 30. März Steinfall bei Zaborzyca in Volhynien (IV).

1818 am 17. Julius explodirende Feuerkugel in Nord-Amerka.

1818 am 3ten August Lichtmeteor in Worthing in England.

1818 am 5ten August Feuerkugel in Chelmfort in England.

1818 am 10ten August Steinfall in Slobodka im Gouvernement Smolensk.

1818 am 6ten September explodirende Feuerkugel zu Breteuil im Oise-Departement.

1818 am 14ten September Feuerkugel in England.

1818 am 23sten September Steinfall im Kirchspiel Kilkel.

1818 am 31sten October Feuerkugel zu Mehadia im Banate, welche sich in viele Funken theilte.

1818 am 13ten November helle Feuerkugel zu Gosport und eben so am 17ten November; am 19ten November erschienen daselbst viele Sternschnuppen.

1818 am 18ten December von N nach S ziehende Feuerkugel in Halle, welche zerplatzte.

1818 in der Nacht vom 21. bis 22. December Feuerkugel in Fühnen, aus welcher viele Funken kamen.

1818 ohne Angabe des Tages Steinfall in Macedonien; v. Hoff vermuthet, er möge gleichzeitig mit der Feuerkugel vom 31sten October seyn (IX).

1819 am 2. oder 3. Februar Feuerkugel bei Canterbury und Beckley in Suffex.

1819 am 5ten Mai heftig explodirende Feuerkugel in mehreren Gegenden von England.

1819 am 13ten Junius Steinfall bei Jonzac im Departement der niedern Charente, von denen einer 6 Pfund, andere 4 Pfund wogen (I).

1819 am 24sten Julius explodirende Feuerkugel zu Youngstown in Ohio (IV).

1819 am 6ten August eine von NO nach SW ziehende Feuerkugel in Mähren, vor und nach dem Meteor viele Sternschnuppen (I).

Digitized by Google

1819 am 15ten August fiel zu Amherst in Massachusets in den Vereinigten Staaten eine schmierige übelriechende Substanz mit einer kleinen Feuerkugel herab (II).

1819 am 20sten August Feuerkugel in der Gegend von Rottweil und Chambéry (I).

1819 am 1. Octbr Feuerkugel zu Tottenham in England (I).

1819 am 24sten October Feuerkugel in Antwerpen und dem nördlichen England (I).

1819 am 13ten November Feuerkugel in Port au Prince auf Haiti. Sie erschien kegelförmig, die Basis nach unten, und ging von NO nach SW. Sie ließ einen langen Lichtstreifen zurück, welcher noch 18 Minuten lang sichtbar blieb. Nahe am Horizonte verschwand sie und zeigte sich bald wieder als eine große Feuergarbe, die sich nach 2 bis 3 Minuten in zwei Kugeln umgestaltete, zwischen denen ein heller Zwischenraum war. Bald darauf vereinigten sich diese zwei Kugeln wieder in eine, deren Licht sich nach und nach verminderte (I).

1819 am 14ten November Feuerkugel in Böhmen (I).

1819 am 18ten November großes Lichtmeteor zu Tottenham in England (I).

1819 am 21sten November explodirende Feuerkugel in Massachusets, Baltimore und Maryland in Nord-America (III und IV).

1820 am 5ten April problematischer Steinfall auf dem atlantischen Meere (VIII).

1820 am 18ten April Feuerkugel zu Augsburg (I).

1820 in der Nacht vom 10. bis 11. Mai um Mitternacht Feuerkugel bei Coblenz, welche mit heftigem Getöse explodirte (I).

1820 in der Nacht vom 20. bis 22. Mai Steinfall zu Oedenburg in Ungarn (I).

1820 am 12ten Julius Steinfall im Dünaburger Kreise in Curland (I).

1820 am 30sten Julius Feuerkugel in Brünn (I).

1820 am 12. Octbr Feuerkugel in der Kirgisen-Steppe (V).

1820 am 12ten November Nachmittags um 4 Uhr, ereignete sich folgendes Phänomen in der Gegend von Chotimsch

im

Digitized by Google

im Gouvernement Kursk in Rußland: Es zogen furchtbare Wolken auf, unaufhörliche Blitze zerrissen das schwarze Gewölk und von dem Rollen des Donners erzitterten die Fenster in den Häusern. Endlich ergoß sich ein Platzregen, begleitet von heftigem Sturm und hielt ungefähr eine Stunde an. Nach dem Gewitter aber erschien bei zunehmender Dunkelheit der Atmosphäre eine große feurige Kugel, die weit umher Funken sprühte, bis sie endlich beinahe über Chotmischk mit einem Knalle zerplatzte. Chladni (I) frägt, ob dieses nicht die Wirkung eines von außen angekommenen Haufens von kosmischer Materie gewesen seyn möge. Auffallend ist die Uebereinstimmung mit dem Tage, an welchem früher und später viel Sternschnuppen beobachtet worden sind.

1820 am 29sten November Feuerkugel in Neapel (I).

1820 am 9ten December Feuerkugel mit Explosion zu Tumea in der Mongolei (VI).

1821 am 12ten Februar Feuerkugel in Breslau (I).

1821 am 28sten April Feuerkugel in Leipzig (I).

1821 am 16ten Mai Feuerkugel in München (IV)

1821 am 15ten Junius Steinfall bei Juvenas im Ardèche-Departement (II).

1821 am 20sten August Feuerkugel auf St. Thomas in Westindien (II).

1821 am 7. oder 8. September Feuerkugel in Böhmen und der Lausitz (II).

1821 am 7. Octbr. Feuerkugel in der Mark und Sachsen (II).

1821 am 30sten October Feuerkugel in Marienwerder (II).

1821 am 28sten November glänzendes Meteor in Neapel (II).

1821 am 30sten November Feuerkugel zu Oelitzsch (II).

1821 am 1sten December Feuerkugel zu Leipzig (II).

1821 am 2ten December Feuerkugel an mehreren Orten in Sachsen, der Lausitz und Schlesien. In Görlitz zog sie langsam von SW nach NO, ihr Licht war weiß und sie gab blaue und weiße Funken. Sie zerplatzte mit einem Knalle. — An demselben Abend Feuerkugel zu Brighton in England (II).

1821 am 3ten December Feuerkugel in Weimar (II).

1821 am 4ten December Feuerkugel in Görlitz (II).

1821 am 11ten December Feuerkugel in England (II).

1821 am 18ten December Feuerkugel in Neapel (II).

1821 am 24sten December Feuerkugel im nördlichen Deutschland (II).

1821 am 25sten December Feuerkugel bei Rothenburg in der Ober-Lausitz (II).

1821 am 26sten December rotirende und Funken sprühende Feuerkugel in Weimar (II).

1821 am 28sten December Licht-Meteor in Augsburg und in Westphalen (II).

1822 am 11ten Januar eine von N nach S ziehende explodirende Feuerkugel in Gumbinnen (II).

1822 am 14ten Januar sah man zu Heiligenstadt im Eichsfelde einen großen Feuerklumpen fallen, welcher wie ein Blitz die Gegend erleuchtete und bei dessen Verlöschen ein Knall wie ein Kanonenschuß gehört wurde. Dasselbe sah man in Hannover und Coblenz (II u. III).

1822 in der Nacht vom 25sten Januar eine von NW nach SO gehende Feuerkugel in Preußen. — Am Nachmittage desselben Tages Feuer-Meteor in Petersburg (II).

1822 am 6ten Februar Feuerkugel bei Roßitz in Mähren (III).

1822 am 7ten Februar mit Getöse explodirende Feuerkugel bei Landshut in Baiern (II).

1822 am 9ten Februar Feuerkugel in Leipzig und Mähren (II u. III).

1822 am 1sten März Feuerkugel in Brünn (III).

1822 am 9ten März großes Feuer-Meteor in Philadelphia, Quebec, Montreal (III u. IV).

1822 am 31sten März Feuerkugel in Leipzig, sie hatte eine gelbe Farbe, der Schweif zeigte Regenbogenfarben (II).

1822 am 9ten April, 5^h Morgens, Feuerkugel in Halberstadt (II). — An demselben Tage um 9^h Abends eben so zu Rhodes bei Avignon (III).

1822 am 9ten Junius nach 8^h Abends Steinfall in Angers. Es zeigte sich in Poitiers eine schöne Sternschnuppe, welche in Glanz und Art des Lichtes viel Aehnlichkeit mit den römischen Lichtern in der Feuerwerkerei hatte. Sie ließ einen leuchtenden, dem Scheine nach geradlinigen Strich hinter

Digitized by Google

sich, der zu oberst schmal war und bis zu einem nicht weit vom untern Ende entfernten Punkte an Breite zunahm. Dieser Punkt war nicht blos breiter als die übrigen Theile, sondern auch heller leuchtend und von längerer Dauer. Der untere Theil der Lichtspur hatte ungefähr einen Glanz, wie der helle Theil des Mondes. Dieser Schweif dauerte noch 10 bis 12 Minuten fort. In Angers hörte man mehrere heftige Detonationen und es fiel darauf ein Stein herab (II).

1822 am 9ten Junius von SO nach NW ziehende Feuerkugel in Mähren (III).

1822 am 13ten Junius Feuerkugel in Christiania (V).

1822 am 17ten Junius Feuerkugel in Leipzig und Danzig (II und III).

1822 am 19ten Junius Feuerkugel in Hamburg (III).

1822 am 28sten Julius Feuerkugel in Brünn (III).

1822 am 6ten August Feuerkugel in Paris, Rochelle und Southampton in England. Der Kopf verschwand ohne Laut, der Schweif war 5 Minuten sichtbar (III).

1822 am 7ten August Feuerkugel zu Iglau in Mähren (III).

1822 am 11. August Feuerkugel in Lüttich und Coblenz (III).

1822 in der Nacht vom 22. bis 23. August Feuerkugel zu Czernikau im Regierungsbezirk Bromberg, wahrscheinlich identisch mit einer Feuerkugel, welche man bei Posen in der Nacht vom 23. bis 24. August gesehen haben will (III).

1822 am 1sten September von O nach W gehende Feuerkugel mit heftiger Explosion zu Fort Royal auf Martinique (III).

1822 am 10ten September heftige Explosion zu Carlstadt in Schweden; sonderbare Blitze und Sternschnuppen von erstaunlicher Größe durchkreuzten die Luft; es sollen an mehreren Orten Steine gefunden seyn (III).

1822 am 13ten September Steinfall zu Epinal im Departe der Vogesen (III).

1822 in der Nacht vom 27. zum 28. October Feuerkugel im Berleburger Kreise (III).

1822 am 28sten October Feuerkugel bei Silverhilly in England (III).

1822 am 11ten November, Abends zwiſchen 10 und 11^h eine von O nach W ziehende Feuerkugel zu Freiberg und Zſchopau. — An demſelben Tage zwiſchen 5^h und 6^h Feuerkugel zwiſchen Wittenberg und Kemberg, welche ebenfalls von O nach W zieht (III).

1822 am 12ten November mehrere Feuerkugeln in Potsdam und Taucha bei Leipzig; am Abend viele Sternſchnuppen (III und V).

1822 am 15ten November Feuerkugel in Apenrade (III).

1822 am 19. Novbr. ſollen zu Valparaiſo während des großen Erdbebens ein Paar feurige Meteore geſehen ſeyn (VII).

1822 im November Steinfall zu Futtehpore in Hindoſtan (VII und VIII).

1822 am 21ſten December von SW nach NO ziehende Feuerkugel zu Brünn und Roßiz mit Exploſion (III).

1823 am 24ſten Januar Feuerkugel zu Gosport (IV).

1823 am 2ten April Feuerkugel zu Mannheim (III).

1823 am 6ten April Feuerkugel zu Berlin und Neuſtadt-Eberswalde (III, V, VI).

1823 am 9ten April Feuerkugel zu Potsdam (III).

1823 am 2ten Mai ſah man zu Embleton bei Alnwick in Northumberland eine Feuerkugel, welche anfangs etwas ſüdlich vom Zenith wie ein Fixſtern erſchien und ein glänzendes gelbes mondähnliches Licht gab. Sie ging hernach nordwärts und nahm die Geſtalt eines Kometen an; der Schweif war ſehr glänzend und von verſchiedenen Farben (IV).

1823 am 20ſten Mai Feuerkugel zu Raguſa (IV).

1823 am 23ſten Mai um 10^h Abends Feuerkugel in Kiel und Kopenhagen (IV). — An demſelben Tage Feuerkugel in Altenburg (III).

1823 am 30ſten Julius von NO nach SW ziehende Feuerkugel zu Leipzig (III).

1823 am 7ten Auguſt Steinfall bei Nobleborough in Maine in Nord-America (IV).

1823 am 9ten Auguſt von NO nach SW gehende Feuerkugel zu Gingen (IV).

1823 am 12ten Auguſt Feuerkugel in Tübingen (IV).

1823 am 15. Auguſt viele Sternſchnuppen in Tübingen (IV).

Digitized by Google

1823 am 19ten August Feuerkugel in München (III).

1823 am 3ten October von W nach O ziehende Feuerkugel in Königsberg (III).

1823 am 9ten November Feuer-Meteor in Prag (IV).

1823 am 6ten December zwischen 4^h und 5^h Abends eine von N nach S gehende Feuerkugel zwischen Mastricht und Aachen (VI).

1823 am 13ten December Feuer-Meteor in Belley (IV).

1824 am 13. oder 15. Januar Steinfall zu Arenazzo unweit Ferrara (IV, V und VII).

1824 am 3ten Februar eine von S nach N gehende Feuerkugel im Görlitzer und Löwenberger Kreise (IV).

1824 am 18ten Februar Steinfall bei der Festung Tounkin im Gouvernement Irkutzk (IV u. VIII).

1824 am 1sten März Feuerkugel zu Berlin (IV).

1824 am 17ten April Feuerkugel in England (IV).

1824 am 9ten Junius Feuerkugel in Leipzig und Halle (V).

1824 in der Nacht vom 11. bis 12. August Feuerkugel in den Alpen (V) und Toscana (VII).

1824 am 13ten September hellblaue Feuerkugel zu St. Petersburg (V).

1824 am 14ten October Steinfall im Berauner Kreise in Böhmen (V).

1824 in der Nacht vom 13. bis 14. November Feuerkugel in Mainz (V).

1824 am 16ten November Feuerkugel in Bonn (V).

1824 am 27. Novbr. 5^h 4′ Ab. von SO nach NW ziehende Feuerkugel im Berauner Kreise in Böhmen. — An demselben Tage um $7\frac{1}{2}^h$ Abends von SO nach NW ziehende grünliche Feuerkugel in Erlangen (V).

1824 am 10ten December von O nach W ziehende Feuerkugel zu Mans (V).

1824 am 15ten December explodirende Feuerkugel zu Magdeburg (V).

1824 am 17ten December gegen $6\frac{1}{2}^h$ Abends zu Neuhaus in Böhmen, bei Hagel und Schneewetter, eine große Feuerkugel mit bläulichem Lichte, fiel auf den Kirchthurm und zersprang mit einem pfeifend-schneidenden Krachen.

Digitized by Google

Ein Theil des Meteors verweilte auf dem Kirchthurmknopfe eine Viertelstunde brennend und verlosch dann von selbst. Chladni (Pogg. Ann. VI, 31) vermuthet, daß eine harzige oder klebrige Masse niedergefallen sey, weshalb die Flamme fortdauerte; die übrigen Witterungsverhältnisse machen es indessen wahrscheinlich, daß das ganze Phänomen ein St. Elmsfeuer war. Uebrigens war zu derselben Stunde bei Tabor in Böhmen ein ähnliches Meteor gesehen, welches mit einem heftigen aber nicht donnerähnlichen Krachen scheinbar zu Boden fiel.

1825 am 2ten Januar von W nach O ziehende Feuerkugel bei Valderno in der Gegend von Arezzo (V).

1825 am 16ten Januar Steinfall bei dem Lager Oriang in Malwate, im westlichen Theile von Hindostan (V).

1825 am 17ten Januar Feuerkugel zu Bromberg (V).

1825 am 24sten Januar in Königsberg (V).

1825 am 3ten Februar Feuerkugel in Nürnberg, welche von O nach W zog. — Vielleicht an demselben Tage 11^h Abends Feuerkugeln in Bremen (V).

1825 am 4ten Februar von SW nach NO ziehende Feuerkugel in Kassel (V).

1825 am 7ten Februar Feuerkugel in Kassel (V).

1825 am 10ten Februar Steinfall zu Nanjemoy in Maryland (V, VI, VII).

1825 am 12ten Mai soll zu Bayden in Wiltshire in England eine Eisenmasse herabgefallen seyn (VI).

1825 am 28. Julius Feuerkugel zu Frankfurt a. M., Bamberg und Hannover (V).

1825 am 5ten August von W nach O gehendes Feuer-Meteor zu Meidling und Döbling (V).

1825 am 22sten August um 11^h Abends von S nach N gehende Feuerkugel in Utrecht und Amsterdam. Zu derselben Zeit Feuerkugel mit grünem Lichte in Burg-Chemnitz bei Leipzig (V).

1825 am 14ten September Steinfall auf den Sandwichs-Inseln (VII und VIII).

Digitized by Google

1825 am 20sten September Feuerkugel in Leipzig und Hannover (V).

1825 am 24sten September von W nach O gehende Feuerkugel in Leipzig (V).

1825 am 17ten October explodirende Feuerkugel zu Prag (V).

1825 am 19ten October Feuerkugel zu Berlin (V).

1825 am 22sten October Feuerkugel in Höxter (V).

1825 am 4ten November Feuerkugel in Halle (V).

1825 am 5ten November Feuerkugel in Halle (V).

1825 am 9ten November an mehreren Orten des Pilsener Kreises in Böhmen eine von NW nach SO ziehende Feuerkugel, welche Funken sprühte (V und VI).

1825 am 14ten November von O nach W ziehende Feuerkugel zu Leith (VI).

1825 am 1sten December Feuerkugel in Berlin (V).

1825 am 10ten December von W nach O ziehende Feuerkugel in Halle (V).

1825 am 18ten December von O nach W ziehende Feuerkugel in Frankfurt (V).

1826 am 14ten Februar Feuerkugel zu Campo de Criptana in la Mancha in Spanien (VI).

1826 am 15ten März Steinfall in der Gegend von Lugano (VII u. VIII).

1826 am 1sten April Feuer-Meteor in der Gegend von Saarbrück (VII).

1826 am 14ten April von N nach S gehende Feuerkugel zwischen Paisley und Glasgow (VI).

1826 am 19ten Mai Steinfall im District von Paulograd im Gouvernement Ekaterinoslaw (VII).

1826 am 21sten Julius Feuerkugel in Heidelberg (VI).

1826 am 29sten Julius Feuerkugel zwischen Barcla und Florido in Spanien (VI).

1826 am 3ten August um 5^h Abends von SW nach NO gehende Feuerkugel zu Frankenstein in Schlesien (VI). — Am Abend gegen $10\frac{1}{2}^h$ Abends in Lütschena bei Leipzig von

ONO nach WSW ziehende Feuerkugel. Mehrere Sternschnuppen waren in derselben Gegend und in ähnlicher Richtung vorausgegangen; andere folgten in verschiedenen Richtungen und Zeitabständen nach (IV).

1826 am 8ten August Feuerkugel zu Odensee (VI).

1826 am 11ten August Feuerkugel in Halle (VI).

1826 im August soll auf den Galapian-Höhen im Departement Lot und Garonne während eines Gewitters ein großer Meteorstein gefallen seyn (VII).

1826 am 4ten September Feuerkugel in Halle (VI).

1826 am 6ten September Feuerkugel zwischen Halle und Cönnern (VI).

1826 am 13ten September Feuerkugel in Bordeaux (VI).

1826 in der Nacht vom 6. bis 7. November sehr viele Feuerkugeln auf Teneriffa (VIII).

1826 am 31sten December in der Dämmerung Feuerkugel im Lippeschen. (Haude und Spener Berlin. Nachrichten 1827 vom 8. Febr.).

1827 am 27sten Februar Steinfall bei dem Dorfe Mhow im Districte Azimo-Gesh in Hindoston (VIII).

1827 am 9ten Mai Steinfall zu Drake-Creek im Staate Teneffee in Nord-America (VIII).

1827 am 21sten Mai Feuerkugel zu Laytonstone bei Greenwich. Sie erschien zuerst als ein kleiner Funke, der sich langsam in schräger Richtung über den Himmel bewegte. Ungefähr in der Hälfte seines Laufes nahm sein Licht plötzlich an Glanz zu, es bekam einen glänzend hellen Schein und Funken fuhren aus der Hauptmasse. Nach dieser Erscheinung des Entzündens blieben einige schwache Funken übrig, die eine kurze Strecke in derselben Bahn weiter gingen und dann verschwanden (VII).

1827 im August soll in China, Provinz Kuld-Schu, ein Meteorstein von ungewöhnlicher Größe gefallen seyn (VII).

1827 am 5. oder 8. October Steinfall bei dem Dorfe Kuasti-Knasti, zwei Stunden von Bialystock (VII).

1827 am 18ten Januar Feuerkugel in Gotha (VII).

Digitized by Google

1828 am 11ten Februar Feuerkugel zwischen New-York und Long-Island. Kugel, Schweif und Funken waren rein grasgrün (VII).

1828 am 4ten Junius Steinfall bei Richmond in Virginien (VII).

1828 am 10ten October Feuer-Meteor zu Turin (VII).

1829 am 8ten Mai Steinfall bei Forsyth in Georgien in Nord-America (VIII).

1829 am 14ten August erschienen zu Gumbinnen während eines schweren Gewitters drei Feuerkugeln, welche in der scheinbaren Größe kleiner Kegelkugeln sich langsam herabsenkten, ehe sie die Erde erreichten zerplatzten und ihr schönes Licht dem ganzen nördlichen Horizonte mittheilten (VII). — An demselben Tage Steinfall bei Deal in Neu-Jersey in Nord-America (VIII).

1829 am 26. August Feuerkugel in Parma (Plieninger [1]).

1829 am 9ten September Steinfall in Krasnyi-Ugol im Kreise Saposhok im Gouvernement Räsan (VIII).

1829 am 26sten September Feuerkugel in Bremen und Düsseldorf (VIII).

1829 am 19ten November Herunterfallen einer nicht näher beschriebenen Masse mit einer Feuerkugel in Prag (VIII).

1829 am 14ten März von SO nach NW ziehende Feuerkugel in Freiberg (VIII).

1830 in der Nacht vom 12. bis 13. December wurden bei Heiligenstadt auf dem Eichsfelde in kurzer Zeit an 40 Feuerkugeln bemerkt, welche beim Entstehen einen Blitz verbreiteten, sich mit einem zischenden Geräusch südöstlich bewegten, sich öfters durchkreuzten und beim Niederfallen den Schein eines Sternes von sich gaben. Mehrere von ihnen verbreiteten beim Zerstieben Regenbogenfarben (VIII).

1830 am 14ten December Feuer-Meteor zu Warschau (VIII).

---

1) Plieninger meteorol. Tagebuch im Correspondenzblatt des landwirthschaftl. Vereins in Würtemberg.

1831 am 1sten Januar explodirende Feuerkugel zu Storkyro in Finnland (VIII).

1831 am 12. Januar Feuerkugel zu Breslau (Plieninger).

1831 am 28sten Januar Feuerkugel zu Gotha (VIII).

1831 am 9ten September Steinfall bei Wessely im Hradischer Kreise in Mähren (IX).

1831 am 19ten October von NW nach SO gehende Feuerkugel zu Höpfigheim im würtembergischen Oberamte Marbach (VIII).

1831 am 13ten November 6^h Morgens sah man in der Gegend von Bruneck in Tyrol Sternschnuppen weit häufiger als gewöhnlich. Bald nach 6 Uhr senkte sich ein breiter Lichtstrahl auf einmal von der Mitte des Himmelsgewölbes bis beinahe auf den Boden herab, zog sich dann allmählig zurück bis an die Decke des Himmels, bildete dort einige Secunden einen langen, gegen N hin stehenden Lichtstreif, der anfangs gerade, sich bald in eine wellenförmige Linie umgestaltete und dann in eine lichte Scheibe sich zurückzog, die gleich einer weißen Wolke noch eine Viertelstunde lang in der Mitte des Himmelsgewölbes stehen blieb, bis sie endlich vor dem heraufsteigenden Tageslichte verschwand. Diese Erscheinung verbreitete einige Secunden lang eine solche Helligkeit, daß man jedes Sandkorn am Wege deutlich sehen konnte (Berliner Nachrichten von Haude und Spener Nr. 278). Auch in Ulm sah man eine große Helligkeit und darauf eine von der Erde aufsteigende Feuerkugel, welche zerplatzte und einen schlangenförmigen Schweif zurückließ, welcher 3 Minuten sichtbar blieb. (Das. Nr. 282.) Eben diese Feuerkugel wurde auch in München, Stuttgart, Inspruck u. s. w. gesehen.

1831 am 26sten November Feuerkugel zu Sögel im Arensbergischen (VIII).

1831 am 29sten November um $9\frac{1}{2}^h$ Abends sahen Wildwächter in der Gegend von Hildburghausen eine Feuerkugel von der Größe des Mondes in Westen aufsteigen. Einen hellen Schein sah man um dieselbe Zeit in Ilmenau (Haude und Spener Nachrichten Nr. 291 und 295).

Digitized by Google

1831 am 8ten December Feuerkugel an vielen Orten in England (IX).

1831 im December Steinfall in Mähren (Plieninger).

1831 ohne Angabe des Tages soll zu Bouille, im Departement de la Vienne, ein Stein herabgefallen seyn (IX).

1832 am 2ten Januar, Abends 8^h zerplatzte gegen NO von Berlin eine glänzende Feuerkugel von bedeutender Größe, gleich einer Rakete. Das Licht, welches sie verbreitete, glich dem des Mondes (Haude und Spenersche Zeitung Nr. 4). — An demselben Abend um $8\frac{1}{2}^h$ bemerkte man in Bordeaux ein glänzendes Meteor. Es verbreitete einen lebhaften grünlichen Schein um sich her, erschien dem Auge in der Größe einer 24pfündigen Kugel und verschwand mit Blitzesschnelle in der Richtung von N nach SW (Das. Nr. 11). Die Richtung beider Feuerkugeln macht es wahrscheinlich, daß wir hier zwei Phänomene vor uns haben.

1832 am 7. Februar Feuerkugel zu Lauenburg (Plieninger).

1832 am 15ten März von W nach O gehende Feuerkugel zu Berlin (Plieninger).

1832 am 31sten Mai Feuerkugel in Riga (Plieninger).

1832 am 29sten Junius Feuerkugel in Brest. — In der Nacht vom 29. bis 30. Junius Feuerkugel in $49^\circ\ 10'$ N und $5^\circ\ 45'$ W (Plieninger).

1832 am 6ten October Feuerkugel zu Berlin (Plieninger).

1832 am 13ten October Feuerkugel zu Ulm (Plieninger).

1832 am 24sten October Feuerkugel zu Grünewald (Plieninger).

1832 in der Nacht vom 12. bis 13. November viele Feuerkugeln und Sternschnuppen (IX).

1832 in der Nacht vom 19. bis 20. November Feuerkugeln in England (Plieninger).

1832 am 30. December Feuerkugel in Bonn (Plieninger).

1833 am 19ten April Feuerkugel in Nürnberg und Prag (Plieninger).

1833 am 20sten Mai Feuerkugel in Chichester (Plieninger).

1833 am 16ten Julius Steinfall bei dem Dorfe Nachratschinsk im Gouvernement Tobolsk (IX).

Digitized by Google

1833 am 2ten October Feuerkugel in Hildburghausen (IX).

1833 in der Nacht vom 12. bis 13. November viele Feuerkugeln und Sternschnuppen (IX).

1833 am 20sten November von NO nach SW ziehende Feuerkugel in Presburg (IX).

1833 am 25. Novbr. Steinfall bei Blansko in Mähren (IX).

1834 am 30sten um 7^h Abends sah man zu Coringham bei Gainsborough eine von O nach W ziehende Feuerkugel [2]).

1834 am 10ten März als der Wind um $3\frac{1}{2}^h$ Morgens sehr stark war, hörte man in Hirschberg in Schlesien einen heftigen Donner, welcher von der Explosion einer glanzvollen Feuerkugel herrührte [3]).

1834 am 7ten Junius Abends ungefähr um 8^h sah man zu Philadelphia in SW ein glänzendes weißes Licht, das seine Strömung gegen das Zenith hatte, ganz schmal und wie ein Wasserstrahl aus einem Büchsenrohre aufsteigen; es dehnte sich rasch beinahe in nordöstlicher Richtung queer über den Horizont aus. Nachdem es eine Höhe von etwa 40° oder 45° erreicht hatte, trennte es sich in drei oder vier Lichtströme, die an ihren Säumen matt mit einander vermischt, in ihrer Mitte aber dichter waren, jedoch nicht in dem Grade, um die Sterne zu verdunkeln, die, so lange das Phänomen dauerte, durch jeden Theil desselben hindurch sichtbar blieben; sein äußerstes nordöstliches Ende schien sich allmählig um 2° nach Norden zu bewegen. Der Glanz des Lichtes dauerte ungefähr 10 Minuten, dann nahm es nach und nach ab und verschwand in einer halben Stunde gänzlich [4]).

1834 am 2ten October Abends kurz vor 7^h bemerkte man zu Köln am nordöstlichen Himmel in der Nähe des Sternes Algenib im Perseus eine prächtige Feuerkugel von blendend weißem Lichte, an Glanz und Größe den Jupiter übertref-

---

2) Nach dem Lincoln Mercury bei Galignani Messenger Nr. 5954 vom 10. April.

3) Preußische Staatszeitung Nr. 78.

4) Das Ausland 1834. Nr. 236 vom 24. August. Es wird daselbst die Vermuthung geäußert, daß dieses Phänomen elektrischer Natur sey, was mir indessen nicht der Fall zu seyn scheint.

Digitized by Google

fend. Mit ziemlicher Geschwindigkeit bewegte sie sich nach nördlicher Richtung fast mit dem Horizonte parallel und verschwand plötzlich nach ungefähr 2 Secunden in der Nähe des Sternes η in der Giraffe, nachdem sie sich kurz zuvor in zwei Hälften getheilt hatte [5]).

1834 in der Nacht vom 13. auf den 14. November viele Sternschnuppen und Feuerkugeln in Nord-America.

1835 am 13ten Januar Abends genau 7^h zeigte sich in Berlin eine kleine Feuerkugel, welche in N bei hellem Mondschein stark leuchtete und sich in paraboliſcher Bahn von W nach O bewegte [6]).

1835 am 23sten Januar in der Nacht von 1^h bis 8^h des nächsten Morgens hörte man über ganz Neu-Granada und dem Aequator, von Santa Martha und Karthagena bis Quito ein schallendes Geräusch, welches Kanonen- und Gewehrschüssen glich, aber durch das Platzen von Meteoren erzeugt wurde [7]).

1835 am 6ten Februar Morgens wurde von Parma aus im Süden eine Feuerkugel von ungewöhnlicher Größe gesehen [8]).

1835 am 22sten März bemerkte man in der Gränzfestung Troizkosaffsk bei einer stillen und sehr warmen Witterung Abends nach 9^h am nordwestlichen Himmel in ziemlicher Höhe einen schmalen, schlangenförmigen Feuerstreifen, gleich einem hell leuchtenden Blitze. In einem Nu verwandelte sich die Erscheinung in eine leuchtende Wolke, die mit einer brennenden Garbe Aehnlichkeit hatte und die sofort mit großer Geschwindigkeit in schiefer Richtung zur Erde herabzufallen begann, sich aber in demselben Augenblick in einen gewaltigen Feuerstrom umwandelte und so am ganzen nächtlichen Horizonte Tageslicht verbreitete. Endlich theilte sich dieser Feuerstrom in drei Theile und verschwand. Es folgte hierauf ein dumpfer entfernter Donner, der sich, vermuth-

5) Preuß. Staatszeitung Nr. 279.

6) Daſ. Nr. 13.

7) Hamburger Correspondent Nr. 129.

8) Preuß. Staatszeitung Nr. 55.

Digitized by Google

sich durch das Echo der nahen Berge, noch zweimal, jedoch in schwächerem Grade wiederholte und der eine merkliche Lufterschütterung hervorbrachte, so daß Fensterladen und Thüren erzitterten. Dieses Alles war das Werk einiger Secunden [9]).

1835 am 13ten Junius $10\frac{1}{4}^h$ Abends wurde zu Königsberg in Preußen eine Feuerkugel gesehen. Als sie hinter einigen Bäumen hervortrat, zeigte sie sich etwa 30° über dem Horizonte wenig westlich vom Meridiane, ging dann sich senkend östlich und zerplatzte etwa 10° östlich vom Meridiane in einer Höhe von 25°. Ihr scheinbarer Durchmesser betrug etwa 2 Zoll, das Licht glich dem des Mars [10]).

1835 am 17ten Julius um $8\frac{1}{2}^h$ Abends sah man in Mailand eine große weiße hell leuchtende Feuerkugel von der Größe einer Kanonenkugel, mit einem lang nachschleppenden Funkenschweife, welche am nördlichen Himmel ihre Richtung von O nach W nahm. Eben diese Feuerkugel erschien in Stuttgart und Bonfeld bei Heilbronn am südlichen Himmel, doch hatte sie hier nur die scheinbare Größe einer Billardkugel. Die Stücke fielen nach der Explosion mit ausnehmend glänzenden Strahlen zur Erde nieder. Wenige Minuten nach dem Verschwinden hörte man in Mailand einen dumpfen Knall, in Würtemberg war der Knall wie der von einer Kanone [11]). — Die Entfernung von Mailand bis Heilbronn beträgt etwa 55 Meilen, die Explosion ist also wenigstens in einem Raume gehört, dessen Halbmesser 30 Meilen betrug.

---

9) Preuß. Staatszeitung Nr. 162.

10) Daf. Nr. 172.

11) Berliner Nachrichten von Haude und Spener Nr. 174 u. 176. In der ersten Nachricht wird die Richtung in Mailand von SSW nach NNO gehend angegeben, in der zweiten wird sie berichtigt.

11a) Daf. Nr. 176. Es wird dabei von der Redaction die Frage aufgeworfen, ob beide nicht identisch seyen und ob der Tag nicht verwechselt sey. Nehmen wir indessen an, die Feuerkugel sey in Mailand (45° 28′ N) und Heilbronn (49° 7′ N) gleichzeitig unter einem Höhenwinkel von 45° erschienen, so hätte sie eine Höhe von etwa 29 Meilen

Digitized by Google

1835 am 18ten Julius, Abends zwischen 8^h und 9^h ist in Aarhuus eine Feuerkugel gesehen worden, welche ihren Lauf nach Westen nahm und einen Flammenschweif hinter sich zog, bis sie in mehrere Lichtkugeln zersprang [12a]).

Es sind dieses diejenigen Phänomene dieser Art, welche ich in den früher erwähnten Verzeichnissen gefunden habe, und wenn gleich die Zahl derselben sehr groß ist, so giebt es doch nur wenige, welche hinreichend genau beobachtet sind. Unter den verschiedenen Fragen, welche sich bei Durchsicht dieses Verzeichnisses aufdrängen, ist die erste diejenige, ob die Erscheinungen irgend eine Periode zeigen, und hier ist die zunächst liegende Periode die des Jahres. Schon Ruhland beschäftigte sich damit [12]); er glaubte, daß von allen Steinfällen fast zwei Drittel auf die Monate Mai, Junius, Julius fielen, daß dann die Zeiten der Aequinoctien folgten, und daß sich im ganzen Winter nicht so viel Steinfälle ereigneten, als in einem Sommermonate. Späterhin (im J. 1819) untersuchte Chladni den Gegenstand [13]) und folgerte, daß weder die Meteorsteine noch die Feuerkugeln, so wenig einzeln genommen, als zusammen betrachtet, eine Spur einer jährlichen Periode zeigten. Seit der Zeit, wo Chladni seine Untersuchungen anstellte, hat sich die Zahl der Nachrichten so vermehrt, daß eine neue Zusammenstellung des vorhandenen Materiales zweckmäßig schien. Ich habe diese versucht, habe jedoch Feuerkugeln und Meteorsteine zusammengenommen. Sehr häufig waren gewiß aus den explodirenden Feuer-Meteoren Steine herabgefallen, aber nicht aufgefunden worden, weshalb eine Trennung beider nicht zweckmäßig scheint. Ich habe indessen zugleich die Meteorsteine einzeln genannt.

über der Oberfläche der Erde gehabt. Unter dieser Voraussetzung würde sie in Aarhuus (56° 13′ N) nur unter einem Höhenwinkel von etwa 7° erscheinen. Nehmen wir eine Höhe von etwa 15 Meilen, wie wir sie bei den meisten Feuerkugeln finden, so erscheint sie in Aarhuus im Maximo unter einem Höhenwinkel von etwa 1½°, ich bezweifle aber, daß man bei dieser Höhe noch die Explosion deutlich sehen wird, um so mehr, da die scheinbare Größe in Stuttgart schon weit kleiner gewesen zu seyn scheint, als in Mailand.

12) Schweigger's Jahrb. VI, 15.

13) Chladni Feuer-Meteore S. 65.

Digitized by Google

Folgende Tafel enthält die Zahl dieser Meteore in den einzelnen Monaten [14]):

Monat	Meteorsteine	Feuerkugeln und Meteorsteine		
		Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Januar	9	53	55,2	+ 2,2
Februar	11	46	49,3	+ 3,3
März	14	47	44,2	— 2,8
April	13	41	39,8	— 1,2
Mai	17	41	36,5	— 4,5
Junius	10	25	35,9	+10,9
Julius	11	40	39,3	— 0,7
August	13	61	46,7	—14,3
Septbr.	14	46	55,3	+ 9,3
October	11	53	61,7	+ 8,7
Novbr.	10	76	63,5	—12,5
Decbr.	8	59	60,6	+ 1,6

Was die Meteorsteine anlangt, so ist die Zahl derselben noch zu klein, um zu bestimmen, ob hier eine Abhängigkeit von den Jahreszeiten statfinde; wir müssen es der Zukunft überlassen, darüber ein scharfes Resultat zu entwickeln. Es scheint allerdings zu folgen, daß die Zahl der Steinfälle im Winter kleiner sey als im Sommer. Wir finden nämlich

Winter	28
Frühling	44
Sommer	34
Herbst	35

mithin das Maximum im Frühlinge und das Minimum im Winter. Anders wird das Verhältniß, wenn wir beide Klassen von Erscheinungen zusammennehmen. Die Zahl aller Meteore ist 588, also

14) Nachdem ich die Zusammenstellung vollendet hatte, wurden mir noch 6 Feuerkugeln bekannt, welche ich dabei nicht benutzt hatte. Darnach werden die Zahlen im Januar 54; im Julius 42; im November 78; im December 60. Die dadurch hervorgebrachten Aenderungen sind so unbedeutend, daß ich es nicht für nöthig gehalten habe, die Rechnung deshalb zu wiederholen.

Digitized by Google

also durchschnittlich für den Monat 49; es scheint aber, als ob die Zahl im Winter größer, im Sommer kleiner sey, als im Mittel. Um einiger Maaßen zu übersehen, ob diese Zahl eine Periodicität zeige, habe ich die mehrfach benutzte Interpolationsformel angewendet. Ist dann F_n die Zahl der Feuermeteore im nten Monate und beginnen wir das Jahr mit der Mitte des Januar, so wird

$$F_n = 49{,}00 + 13{,}54 \sin(n \cdot 30^\circ + 144^\circ\,16') + 1{,}76 \sin(n \cdot 60^\circ + 265^\circ\,17')$$

Der wahrscheinliche Fehler dieses Ausdruckes ist 5,08 und der größte Unterschied zwischen der beobachteten und berechneten Zahl ist 14,3. Suchen wir diejenigen Tage auf, welche in der Mitte derjenigen Zeit von 30 Tagen liegen, wo die Zahl der Meteore am größten oder kleinsten ist, so finden wir

Minimum am 6. Junius, $F_n = 35{,}7$
Maximum am 10. November, $F_n = 63{,}5$
Unterschied $= 27{,}8$

Der Unterschied zwischen der größten und kleinsten Zahl der in einem Monate gesehenen Feuermeteore ist nahe doppelt so groß als der größte Unterschied zwischen der beobachteten und berechneten Zahl und fünf bis sechs Mal so groß als der wahrscheinliche Fehler.

So entschieden indessen namentlich diese letztere Periodicität hervortritt, so wage ich doch nicht mit Bestimmtheit auszusprechen, daß sie vollkommen naturgemäß sey. Betrachten wir nämlich zuerst die Steinfälle, so liegt es ganz in der Natur der Sache, daß die Wahrscheinlichkeit eines Auffindens der herabgefallenen Massen desto größer wird, je mehr Leute sich im Freien befinden, was im Frühlinge und Sommer der Fall ist. Was nun die größere Häufigkeit der Feuerkugeln in den Wintermonaten betrifft, so bemerkt Chladni, daß die längere Zeit dauernde Dunkelheit die Wahrnehmung derselben begünstige. Ist gleich diese Bemerkung vollkommen gegründet, so läßt sich darauf antworten, daß die höhere Temperatur des Sommers, in Folge deren weit mehr Leute am Abend im Freien sind, die Wahrnehmung mehr begünstige, als das unfreundliche Wetter der kalten Jahreszeit; außerdem aber scheint mir das Zusammentreffen des von unserer Gleichung gegebenen Maximums (10. November) mit dem Tage, wo bereits

mehrfach so viele Sternschnuppen und Feuerkugeln gesehen sind (12. November) nicht ganz zufällig zu seyn. Ich habe oben S. 233 die hieher gehörigen Thatsachen erwähnt und füge diesen noch die Erfahrungen vom 13ten November 1831 hinzu.

Bis jetzt ist die Zeit, wo man diese Phänomene beachtet hat, zu kurz, um zu entscheiden, ob ihr Erscheinen größere Perioden zeige. Chladni glaubte [14a]), daß keine solche Periode vorhanden sey. Allerdings zeichnen sich manche Jahre durch die Häufigkeit von Feuer-Meteoren aus; so z. B. das Jahr 1803, darauf nimmt ihre Zahl ab, wird 1808 größer, dann wieder kleiner, bis zum Jahre 1814, worauf sie allmählig zunimmt, und im Jahre 1822 ihr Maximum erreicht. Chladni selbst führt als Grund dieser schnellen Zunahme an, daß er in späteren Jahren die Nachrichten eifriger aufgesucht habe. Ein Grund für die größere Zahl von Feuerkugeln seit dem Jahre 1814 dürfte auch wohl in der Besiegung Napoleon's liegen, indem die Zeitungsschreiber nach dieser Zeit oft nicht hinreichend viel politischen Stoff hatten, um ihre Blätter zu füllen und deshalb Nachrichten dieser Art aufnahmen.

Mehrere Naturforscher haben die Behauptung aufgestellt, daß die Feuer-Meteore sich nach einer bestimmten Richtung, namentlich im magnetischen Meridiane, bewegten. Indessen ergiebt sich aus den vorhandenen Verzeichnissen, daß dieses nicht der Fall sey [15]). Werden die Richtungen, aus denen sämmtliche im obigen Verzeichnisse bis zum Ende des Junius 1835 angeführte Meteore kamen, zusammengestellt, so ergiebt sich folgende Uebersichtstafel:

N	18
NO	17
O	18
SO	14
S	9
SW	16
W	12
NW	14

14a) Chladni Feuer-Meteore S. 76.

15) Das. S. 71.

Digitized by Google

Leiten wir hieraus auf eine ähnliche Art die mittlere Richtung her, als wir dies früher bei Untersuchung der Windverhältnisse gethan haben, so ergiebt sich als mittlere Richtung

N 34° 39′ O

und von 1000 Feuer-Meteoren kommen etwa 100 aus dieser Richtung. Dieses Vorwalten der östlichen Richtung, welches ohnehin nicht sehr bedeutend ist, scheint seinen Grund vorzugsweise in der Drehung der Erde zu haben. Uebrigens zeigt die Richtung eine geringe Abhängigkeit von den Jahreszeiten, welche vielleicht mit der Fortbewegung der Erde im Himmelsraume zusammenhängt, jedoch ist die Zahl der Beobachtungen noch in zu geringer Menge vorhanden, um darauf ein Resultat zu bauen, welches Zutrauen verdient.

Die Erklärung der betrachteten Erscheinungen ist mit vielen Schwierigkeiten verbunden, zumal da die Meteore ihren Sitz in Regionen zu haben scheinen, zu denen wir nicht gelangen können. Lange Zeit wurden die Sternschnuppen als Phänomene angesehen, welche von den Feuerkugeln verschieden wären, bis Chladni die Identität derselben aussprach. In dieser frühern Periode wurde meistens angenommen, daß die Sternschnuppen aus schleimigen Substanzen beständen, welche zur Oberfläche der Erde herabkämen. Diese Behauptung stellte bereits Paracelsus auf[16]), und Merret, Morton und andere Naturforscher hatten ähnliche Ansichten. Gassendi[17]) führt mehrere Thatsachen an, welche zu beweisen scheinen, daß mit den Sternschnuppen etwas zur Erde falle, und eben so versichern Menzel und Musschenbroek[18]), dieses mit eigenen Augen gesehen zu haben. Auch in neueren Zeiten ist mehrmals angenommen worden, daß viele gallertartige Masse mit den Sternschnuppen herabgekommen sey. So hat man öfter die Tremella nostoc, welche an Flüssen häufig vorkommt, für die Substanz derselben angesehen[19]). Aehnliche

16) Paracelsus libr. Meteor. cap. 10 bei Chladni Feuer-Meteore S. 89.

17) Gassendi Physic. Sect. III. L. 2. c. 7.

18) Muschenbroek Introd. §. 2505. Chladni Feuer-Meteore S. 367.

19) Chladni Feuer-Meteore S. 89. Schweigger's Jahrb. N. R. XIX, 389.

Digitized by Google

Substanzen sind öfter nach Sommernächten gefunden worden, in denen viel Sternschnuppen sichtbar gewesen waren, aber Benzenberg erinnert daran [20]), daß diese Körper vielleicht schon früher vorhanden gewesen seyn mochten, aber erst vermöge ihrer hygroskopischen Eigenschaft während der Nacht stark aufschwollen. In andern Fällen sind animalische Substanzen für die Materie der Sternschnuppen gehalten worden. So erhielt R. Brandes [21]) eine gallertartige Masse von weißer Farbe, welche mit einer sehr feinen weißen Haut überzogen war und in der Trockenheit sehr schnell zusammenschrumpfte. Bei genauerer Untersuchung wurde es indessen sehr wahrscheinlich, daß die Masse der durch Wasser stark aufgequollene Laich einer Schnecke sey und vielleicht von Limax rufus, agrestis, stagnalis u. s. w. herrühre. Nach der Ansicht von Fothergill [22]) ist diese Substanz das halbverweste Aas von Kröten oder Fröschen, besonders von letzteren; er will häufig die Häute des Thieres daran hängend gefunden und ebenfalls den zerrissenen Körper eines Frosches gesehen haben, der am Rande eines Sees lag und am folgenden Tage in diese Substanz verwandelt war. Die Atmosphäre war zu der Zeit feucht und das Wetter naß. Den Einwurf, daß diese Masse bisweilen an Orten gefunden werde, welche Fröschen und Kröten unzugänglich sind, wie z. B. auf den Strohdächern der Scheuern, Heuschobern u. s. w. beantwortet Fothergill dahin, daß diese Amphibien mehreren Raubvögeln zur Beute dienen und von ihnen an solche Orte getragen werden, wo sie mit Muße verzehrt werden können; werden die Vögel aber während des Mahles verscheucht, so bleibt der zurückgelassene Frosch zurück, und bei günstiger Witterung bildet sich diese gallertartige Masse; bei heißem und trockenem Wetter dagegen verwandelt sich das Aas in eine lederartige Masse. Pennant glaubt, diese gallertartige Masse verdanke ihren Ursprung der Wintermöve oder ähnlichen Vögeln, und sey weiter nichts als der halbverdauete Ueberrest von Regenwürmern, von denen diese Thiere sich nähren und welche sie dann wieder aus dem Magen von sich geben. Obgleich Fothergill diese That-

20) Gilber's Annalen VI, 232.

21) Schweigger's Jahrb. N. R. XIX, 394.

22) Ideler Feuerkugeln S. 24. nach Froriep's Notizen VIII, 214.

Digitized by Google

sache nicht bestreiten will, so macht er doch die Bemerkung, daß sich die Substanz häufig an solchen Orten finde, wo sich weder Wintermöven noch andere Vögel aufhalten.

In neueren Zeiten ist mehrmals behauptet, daß Massen dieser Art mit Sternschnuppen herabgekommen sind. So erzählt Graves [23]), daß zu Amherst in Massachusets in den Vereinigten Staaten am 15ten August 1819 eine Feuerkugel sich gegen die Erde bewegt habe. Am folgenden Morgen fand man in einem Garten, dessen Lage ungefähr mit der Richtung übereinstimmte, nach welcher das Meteor gefallen war, eine eigenthümliche Substanz, welche man für den Rest der Kugel hielt. Sie war kreisförmig und glich einem umgekehrten Teller von etwa 8 Zoll Durchmesser und 1 Zoll Dicke. Ihre Farbe war ein helles Ledergelb und es befand sich auf ihr eine dünne wollige Lage, wie auf gewalktem Tuche, durch welche sie gegen die Einwirkung der Luft geschützt zu werden schien. Als diese wollige Decke weggenommen war, erschien eine lederfarbene weiche oder markige Masse, von der Consistenz guter weicher Seife, welche einen widrigen, erstickenden Geruch verbreitete, der, wenn man das Gesicht unmittelbar über dieselbe brachte, ganz unerträglich war und Uebelkeit und Schwindel erregte. Nachdem diese Masse einige Minuten der Luft ausgesetzt war, hatte sich die Lederfarbe in Schwarzgelb, wie venöses Blut verwandelt und zog ziemlich schnell Feuchtigkeit aus der Luft an sich. Ein Halb-Pintenglas wurde beinahe zur Hälfte mit der Substanz gefüllt und diese zerfloß bald zu einer Art Schleim, Stärkenkleister in Consistenz, Farbe und im Anfühlen ähnlich. Nachdem das Glas 2 bis 3 Tage lang ruhig gestanden hatte, war die ganze Substanz daraus verdunstet, bis auf einen geringen dunkelfarbigen Rückstand, der an dem Boden und den Wänden fest saß und zwischen den Fingern gerieben zu einem feinen aschgrauen Pulver wurde, das ohne Geschmack und ohne Geruch war. Salzsäure und Salpetersäure hatten auf diese Substanz keine Einwirkung, weder concentrirt noch verdünnt; mit concentrirter Schwefelsäure brauste sie aber heftig auf, wobei fast die ganze Masse aufgelöst wurde [24]). Mit Recht bemerkte aber

23) Gilbert's Ann. LXXI, 354.

24) Die von R. Brandes untersuchte Masse wurde von den drei oben erwähnten Säuren schon in der Kälte aufgelöst.

Gilbert in einer Anmerkung zu diesem Aufsatze, es seyen dieses schwer zu begreifende Eigenschaften. Ein Körper, der so große Anziehung zum Wasser hat, daß er von selbst an der Luft breiartig wird, soll an ihr in zwei Tagen so eintrocknen, daß er beim Reiben zu Staub zerfällt; so wenig als sich dieses zusammenreimen läßt, eben so schwer begreiflich wird die Verschiedenheit der Einwirkung der drei Säuren. Aber auch abgesehen davon, scheint es mir durch die ganze Mittheilung nicht erwiesen, daß diese wunderbare Masse wirklich herabgefallen sey.

Auch in der Nacht vom 12. auf den 13. November 1833 sollen in verschiedenen Gegenden von Nord-America mit den Sternschnuppen Substanzen herabgefallen seyn, worüber Olmsted die Aussagen gesammelt hat [25]). In der Grafschaft Nelson (Virginien) sagte man einem Herrn Garland, es sey ein großer Wassertropfen auf eine Tonne gefallen; er sah sogleich nach und fand eine Substanz von der Größe eines 25 Cents-Stückes, ähnlich geronnenem Eiweiß. In Rahway (Neu-Jersey) sah man einen feurigen Regen den Boden treffen und fand Klumpen von Gallerte. In Newark (Neu-Jersey) fand man gleich nach Sonnenaufgang eine gallertartige Masse, die man wegen ihrer sonderbaren Textur für meteorologischen Ursprungs hielt. Sie glich weißer Seife, hatte wenig Elasticität und verdampfte bei der Erwärmung so schnell als Wasser Zu West-Point sah eine Frau bei Sonnenaufgang etwas vor sich niederfahren. Sie fand eine runde abgeplattete Masse von der Größe einer Obertasse, kleisterähnlich und so klar, daß sie den Boden dadurch erblicken konnte. In Hardford soll ein Bürger durch eine gegen sein Fenster schlagende Feuerkugel aufgeweckt seyn. Eben so bemerkt Paine, ein sehr unterrichteter Mann, er habe mehrmals eine Substanz auf die Erde fallen sehen, sie aufgenommen und aus einer sehr durchsichtigen Gallerte bestehend gefunden.

Poggendorff bemerkt zu diesen Nachrichten, es sey schwer zu sagen, was davon zu halten sey, doch scheine es ihm zu voreilig, sie unbedingt zu verwerfen. Eben so wenig wage ich darüber ein bestimmtes Urtheil zu fällen, oder zu entscheiden, ob die Ansicht von Ideler, daß die Sternschnuppen nichts anderes

25) Poggendorff's Ann. XXXIII, 204.

als Niederschläge der in der Atmosphäre befindlichen animalischen und vegetabilischen Stoffe seyen [26]), naturgemäß sey oder nicht. Gewiß wenigstens ist es, daß sie nicht blos elektrischer Natur seyen, wie es bereits Reimarus [27]) gegen die Hypothese von Beccaria bewiesen hat. Eben so wenig wahrscheinlich scheint die Ansicht, daß die Sternschnuppen von Gasen herrühren, welche in den oberen Regionen der Atmosphäre verbrennen. So nahm Volta an [28]), daß sich in den oberen Schichten der Atmosphäre große Mengen von Hydrogen befänden, welche bei ihrer Entzündung die Sternschnuppen bildeten. Th. Forster [29]) entscheidet sich nicht bestimmt darüber, ob er sie dieser Ursache zuschreiben oder ob er mit de Luc annehmen solle, daß gewisse phosphorerzeugende, aus der Erde aufsteigende und in der Luft feuerfangende Ausdünstungen das Wesen der Sternschnuppen bilden.

Was den Ursprung der Feuerkugeln und Meteorsteine betrifft, so sind darüber vorzüglich vier Hypothesen aufgestellt worden. Es kommen dieselben nämlich entweder von den Vulcanen der Erde oder von denen des Mondes, oder sie sind Producte der Atmosphäre, oder endlich Massen, welche sich im Weltraume befinden und welche die Erde bei ihrer Bewegung vorfindet. Jede von den drei zuletzt genannten Annahmen hat einiges für sich; ich will die wichtigsten Hauptpunkte derselben mittheilen, ohne noch mit Bestimmtheit für eine von ihnen zu entscheiden, da es noch an Thatsachen fehlt, welche zu einer genügenden Beurtheilung erforderlich sind.

Nur eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit hat die Ansicht, daß die Meteorsteine Producte unserer Vulcane seyen. Allerdings finden wir in Berichten von Erdbeben sehr häufig die Nachricht, daß zur Zeit, wo dieselben Statt fanden, feurige Erscheinungen gesehen worden seyen. Wir dürfen dabei indessen nicht vergessen, daß in denjenigen Gegenden der Erde, wo diese Erschütterungen des Bodens häufiger mit Heftigkeit Statt finden, die Zahl der gebildeten Bewohner klein ist; erscheinen daher Feuerkugeln, so

26) Ideler Feuerkugeln S. 75.
27) Reimarus vom Blitze §. 100.
28) Volta Opere III, 52.
29) Forster Wolken S. 116.

werden sie wenig beachtet; so wie aber die Bewegungen des Bodens beginnen, so wird auf jede außerordentliche Erscheinung geachtet und diese dann in die Berichte mit aufgenommen. Dazu kommt, daß in der Regel alsdann eine Menge von Menschen die Häuser verläßt, und indem sie Nächte hindurch im Freien verweilen, die Feuer-Meteore leichter wahrnehmen. Nicht blos de Luc sprach die eben erwähnte Hypothese aus, als Chladni zuerst auf die Massen aufmerksam gemacht hatte, sondern auch in neueren Zeiten (1827) betrachtete ein Engländer (Forbes?) den Steinfall bei Siena als ein Product des Vesuvs, indem die herabgefallenen Massen große Aehnlichkeit mit der grauen Lava dieses Berges hatten [30]). Indessen alle Untersuchungen von Mineralogen widersprechen dieser Ansicht, und Chladni [31]) sieht eben hierin einen Grund, diese Hypothese zu verwerfen. Wir wollen daher bei dieser Ansicht nicht länger verweilen, zumal da die Steinfälle in der Nähe der Vulcane nicht häufiger sind, als in entfernteren Gegenden, was doch nothwendig geschehen müßte, und da wir außerdem keine anderweitigen Erfahrungen besitzen, aus denen hervorginge, daß Vulcane im Stande wären, den von ihnen emporgeschleuderten Massen eine so große Schnelligkeit nach der horizontalen Richtung zu geben.

Einer zweiten Hypothese zufolge sind diese Massen Producte der Mondesvulcane. Diese Ansicht stellte bereits um das Jahr 1660 Paolo Maria Terzago auf, als er einen vom Himmel gefallenen Stein beschrieb, durch welchen ein Franciscaner-Mönch getödtet wurde [32]). Späterhin untersuchte Olbers [33]), Laplace und Biot [34]), Poisson [35]) und Andere die Möglich-

30) Edingburgh Journ. of Sc. VII, 15.

31) Chladni Feuer-Meteore S. 421.

32) Museum Septalianum, Manfredi Septalae, Patricii Mediolanensis industrioso labore constructum, Pauli Mariae Terzagae descriptio. Tortona 1660. p. 44. Chladni Feuer-Meteore S. 280.

33) Voigt's Magazin IV, 784. Zach monatl. Correspondenz VII, 148.

34) Bulletin de la société philomatique Nr. 66 u. 68. Zach monatl. Corresp. VI, 277. Gilbert's Ann. XIII, 363.

35) Izarn lithologie atmosphérique p. 238. Gilbert's Ann. XV, 329.

Digitized by Google

keit dieses Ursprunges. Laplace stellte seine Untersuchungen besonders deshalb an, um zu zeigen, daß eine solche Verbindung zwischen Erde und Mond physisch möglich sey und das war der Grund, weshalb er die französischen Physiker ermahnte, das Phänomen nicht zu verwerfen, wie man es bis dahin gethan hatte, weil man sich keine physikalische Ursache davon denken konnte [36]).

Bei Untersuchung der Möglichkeit, daß Steine von den Mondsvulcanen zu uns gelangen können, wollen wir mit Poisson nur den Fall betrachten, wo Erde und Mond als ruhend gedacht werden und ein Körper vom Monde gerade aufwärts nach einer Richtung geworfen wird, welche die Schwerpunkte beider Körper verbindet. Es sey die Masse der Erde $= 1$, die des Mondes k, die Schwere an der Oberfläche der Erde $= g$, der mittlere Abstand des Mondes von der Erde $= a$, und der mittlere Halbmesser der Erde $= r$, so gravitirt ein Körper in der Entfernung x von der Oberfläche des Mondes gegen letztern mit der Kraft $\frac{gkr^2}{x^2}$ und gegen die Erde mit der Kraft $\frac{gr^2}{(a-x)^2}$; es ist also die beschleunigende Kraft, mit welcher ein Körper in der Entfernung x gegen den Mond getrieben wird, gleich $\frac{gkr^2}{x^2} - \frac{gr^2}{(a-x)^2}$. Diese beschleunigende Kraft ist aber gleich $-\frac{d^2x}{dt^2}$, wo das Zeichen $-$ genommen ist, weil sie abnimmt, wenn x größer wird; wir haben mithin

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{gr^2}{(a-x)^2} - \frac{gkr^2}{x^2}.$$

Wird diese Gleichung mit $2dx$ multiplicirt und integrirt, so wird

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = 2gr^2\left(\frac{k}{x} + \frac{1}{a-x}\right) + \text{Const.}$$

Um die Constante zu bestimmen, sey die anfängliche Geschwindigkeit $= v$ und der Halbmesser des Mondes $= 1$, so ist vermöge dieser Gleichung

$$v^2 = 2gr^2\left(\frac{k}{1} + \frac{1}{a-1}\right) + \text{Const.}$$

36) Poisson in Gilbert's Ann. XV, 339.

Setzt man die Constante, welche hieraus folgt, in die obige Gleichung, so wird

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = v^2 + 2gr^2\left(\frac{k}{x} + \frac{1}{a-x} - \frac{k}{l} - \frac{1}{a-l}\right) \quad (I)$$

Setzt man $\frac{dx}{dt} = o$ und $x = b$, so giebt diese Gleichung die anfängliche Wurfgeschwindigkeit $= V$, bei welcher der Punkt bis zu dem Punkte steigt, wo Erde und Mond ihn gleich anziehen, vorausgesetzt, daß b die Entfernung dieses Punktes vom Mittelpunkte des Mondes bedeute; eine Entfernung, die sich aus der Gleichung $\frac{k}{b^2} = \frac{1}{(a-b)^2}$ ergiebt. Es wird also

$$V^2 = 2gr^2\left(\frac{k}{l} + \frac{1}{a-l} - \frac{(1+\sqrt{k})^2}{a}\right) \quad (II)$$

Setzt man in diese Gleichung die numerischen Werthe, wie sie durch astronomische Beobachtungen gegeben sind, so erhält man etwa 8000 Fuß als anfängliche Geschwindigkeit des Körpers, welcher bis zu der Höhe gelangt, wo er von Erde und Mond gleich stark angezogen wird; bei größerer Anfangsgeschwindigkeit wird er auf die Erde fallen. Um bis zur Erde zu gelangen, wird der Körper etwa $2\frac{1}{2}$ Tage gebrauchen.

Es ergiebt sich hieraus wenigstens die Möglichkeit, daß solche vom Monde fortgeschleuderten Massen bis zur Erde gelangen können. Allein von der andern Seite wird es doch nach Olbers [37]) große Schwierigkeiten haben, wenn man im Ernst die Meteorsteine als Producte der Mondsvulcane ansehen will. Nehmen wir zugleich auf die Bewegung des Mondes Rücksicht, so hat der von ihm fortgeschleuderte Körper außer der Wurfgeschwindigkeit auch noch die Geschwindigkeit, die der Mond selbst nach der Richtung der Tangente seiner Bahn hat. Ziehen wir diese mit in Betrachtung, so folgt, daß die schweren Körper, die vom Monde aus mit einer Geschwindigkeit von 8000 Fuß fortgeschleudert werden, einen mehr oder weniger vom Monde perturbirten Kegelschnitt um die Erde beschreiben werden, wenn sie sich weit genug vom Monde entfernt haben, um von diesem weniger angezogen zu werden, als von der Erde. Nach der verschiedenen Richtung und Wurf-

37) Zach monatl. Corresp. VII, 158.

geschwindigkeit können diese Kegelschnitte Hyperpeln oder Ellipsen seyn. Um auf die Erde zu fallen, muß es eine Ellipse von solchen Dimensionen seyn, daß das Perigeum derselben innerhalb des Erdkörpers, wenigstens innerhalb der Atmosphäre der Erde fällt. Dazu gehört aber ein sehr bestimmtes Verhältniß der Richtung und Wurfgeschwindigkeit des Körpers, und es können also nur sehr wenige der Massen, die der Mond etwa ausschleudert, auf die Erde fallen; es müßte demnach der Mond sehr viele Steine ausschleudern, damit nur zuweilen einer auf die Erde käme: ein Resultat, welches auch durch die Analyse von Poisson bewiesen wird.

Es geht aus dieser Untersuchung wenigstens die Möglichkeit hervor, daß Massen, welche vom Monde fortgeschleudert werden, zur Erde gelangen können; auch Chladni ist der Meinung, daß sich gegen die Möglichkeit dieses Ursprunges nichts Erhebliches einwenden lasse [38]). Er führt zugleich mehrere Thatsachen an, welche zur Unterstützung dieser Ansicht dienen können. Dahin gehört namentlich das vulcanische Ansehen der meisten mit einem großen Krater versehenen Berge auf dem Monde; an dieses schließen sich Lichterscheinungen an, welche öfter auf dem Monde bemerkt und für vulcanische Eruptionen gehalten sind. Die Existenz vulcanischer Ausbrüche wird auch vielleicht durch folgende von Chladni mitgetheilte Thatsache wahrscheinlich gemacht. Ein ungenannter Beobachter sah nämlich am 16ten März 1783 Abends um 10 Uhr mit einem fünffüßigen Fernrohre um die Mitte des östlichen Mondrandes Funken außerhalb des Mondes, die in einem Bogen gingen und wieder auf den Mond zurückfielen, wie Sterne der 6ten oder 7ten Größe. Diese Erscheinung, welche bis gegen 12 Uhr fortdauerte, sah auch ein Freund des Beobachters [39]); sollte die Thatsache richtig seyn, so würde daraus allerdings folgen, daß der Mond Massen bis zu sehr bedeutender Höhe fortschleudert. Gilbert [40]) macht noch auf einen Umstand aufmerksam, welcher sehr für diese Hypothese zu sprechen scheint. Das specifische Gewicht der Meteorsteine ist nämlich 3,4 und eben dieses ist nahe die mittlere Dichtigkeit des Mondes. Diese Ueber-

38) Chladni Feuer-Meteore S. 415.

39) Bode astron. Jahrb. 1789. S. 246.

40) Gilbert's Annalen XIII, 868.

einstimmung ist daher, seiner Meinung nach, ein Grund mehr, diese Fremdlinge für Angehörige des Mondes zu halten. Es scheint mir aber diese Folgerung eben so gewagt, als ob man die mittlere Dichtigkeit der Erde aus der eines Stückes Granit, Lava oder irgend eines andern Gesteines, das etwa auf dem Boden gefunden wird, herleiten wollte.

Andere Naturforscher, unter denen ich Halley, Pringle, Wallis und Bergmann nenne, haben schon früher diese Meteore für Massen gehalten, die im Weltraume umherziehen und welche von der Erde auf ihrem Wege angetroffen und angezogen werden. Chladni sprach diese Ansicht sogleich beim Anfange seiner Untersuchungen aus und hat sie in der Folge beständig mit Eifer vertheidigt [41]). Sehen wir diese Körper als kosmisch an, so sind nach Chladni's Ansicht zwei Fälle möglich: sie sind entweder Haufen von Materie, die für sich bestanden und noch nie einem größern Weltkörper angehört hatten, oder sie sind Trümmer eines zerstörten Weltkörpers. Obgleich beide Vorstellungen möglich sind, so hält Chladni doch die erste für wahrscheinlicher. Ich will hier die Thatsachen mittheilen, welche derselbe für jede dieser Ansichten mittheilt.

Mehrere Erfahrungen sprechen dafür, daß in dem Weltraume außer den größeren uns bekannten Weltkörpern noch viele kleinere, mit einer Bewegung begabte Massen vorhanden sind. Es gehören dahin vorzüglich die Lichtpunkte und Lichtfäden, welche die Astronomen sowohl am Tage als während der Nacht durch das Fernrohr ziehen sehen; so wie die dunkeln Massen, welche man während des Tages vor der Sonne vorüberziehen sah. So sah Schröter am 28sten November 1795 im Schlangenträger einen hellen Punkt, dessen Entfernung er zu 1000, Benzenberg zu 700 Meilen schätzt. Aehnliche Erscheinungen wurden auch von Bode gesehen. Dunkle Massen sahen Dangos, la Lande, Laft vor der Sonne; am 19ten November 1762 sah Lichtenberg einen runden Fleck, mehr als $\frac{1}{12}$ der Sonnenscheibe im Durchmesser in etwa 3 Stunden queer über die Sonne gehen. Andere Astronomen haben ähnliche Erfahrungen gemacht, welche Chladni ausführlich mittheilt. Diese zerstreuten Massen

41) Chladni Feuer-Meteore S. 395.

sind wahrscheinlich Haufen von Urmaterie, welche im Weltraume zerstreut den Stoff zur Bildung der Himmelskörper hergeben. Nach Chladni sind auch viele von den Nebelflecken, welche sich durch die stärksten Teleskope nicht in einzelne Sterne auflösen lassen und an denen man Veränderungen der Gestalt bemerkt, nichts anderes, als eine solche in sehr lockerem Zustande durch ungeheure Räume verbreitete leuchtende Materie. Von diesen zuletzt erwähnten Massen unterscheiden sich wahrscheinlich die Kometen nur durch ihre Kleinheit, ihr isolirtes Daseyn und mitunter auch wohl durch größere Dichtigkeit. Von den größeren Kometen scheinen die kleineren Massen, welche sich als Feuerkugeln oder Sternschnuppen zeigen, nicht wesentlich verschieden zu seyn. Allem Ansehen nach sind die Kometen nichts anderes, als wolkenähnliche Haufen von ganz oder größtentheils staub- oder dunstähnlichen Massen, welche durch die gegenseitige Anziehung der Theile zusammengehalten werden. Diese geringe Dichtigkeit wird besonders dadurch bewiesen, daß sie zwar sehr bedeutende Einwirkungen der Planeten auf ihre Bahn erleiden, aber die Bahn der letzteren nicht im geringsten stören. So beträgt bei dem großen Kometen von 1811 das Maximum von Masse, welches man ihm zugestehen kann, kaum $\frac{1}{10000}$ der Erdmasse, weil er gar keine bemerkbare Wirkung auf die Verzögerung des Erdlaufes äußerte. Manche Kometen sind sogar so locker, daß man Fixsterne durch sie sehen kann.

Es ist aber auch möglich, daß diese Massen von zerstörten Weltkörpern herrühren. Daß Weltkörper zerstört werden können, ist wohl keinem Zweifel unterworfen, und mehrere Beobachtungen machen es wahrscheinlich, daß Begebenheiten dieser Art wirklich Statt gefunden haben. Manche von den Ereignissen, wo man einen sehr hellen Stern hat auf einmal erscheinen, kurze Zeit leuchten und dann verlöschen sehen, sind vielleicht nichts anderes, als ein großer Brand eines unter die Fixsterne zu rechnenden Weltkörpers gewesen. Dahin gehört der Stern, welcher im Anfange des 11ten Jahrhunderts im Zeichen des Widders drei Monate lang sehr hell mit veränderlichem Lichte glänzte und dann verschwand; der große helle rothe Stern, welcher im Jahr 1245 um den Himmelfahrtstag gegen Süden ungefähr im Steinbocke erschien und gegen Ende des Julius an Licht und Helligkeit täglich

Digitized by Google

mehr abnahm; der von Kepler beobachtete Stern im Schlangenträger, welcher vom 10ten October 1604 bis in den October 1605 sichtbar war. Eben dahin gehört der helle Stern, welcher im Jahre 945, 1264 und 1572 in der Cassiopeja gesehen wurde. Wenn sich um einen solchen Körper Planeten und Kometen bewegen, so muß eine so große und plötzliche Entwickelung des Lichtes und wahrscheinlich auch der Wärme auf diese sehr gewaltsame Wirkungen äußern. Denn, wenn die von innen wirkende zersprengende Kraft eines Weltkörpers größer wird, als die gegenseitige Anziehung der Theile, kann ein Planet zerstört werden, wie vielleicht Pallas, Ceres, Juno und Vesta nur Fragmente eines größern Körpers dieser Art sind, was nicht blos durch ihren ungefähr gleichen Abstand von der Sonne, sondern auch dadurch wahrscheinlich wird, daß ihre Bahnen excentrischer als die der andern Planeten und unter schiefen Winkeln geneigt sind, worauf sich auf eine Schleuderung nach verschiedenen Richtungen schließen läßt. Ist diese Hypothese aber richtig, so werden jedenfalls außer diesen vier größeren Massen noch unzählig viel kleinere Bruchstücke in mancherlei elliptischen Bahnen um die Sonne laufen und bei allzugroßer Annäherung an unsere Erde oder einen andern Planeten darauf niederfallen.

Wenn diese Massen bei ihrer Fallbewegung die Atmosphäre der Erde treffen, so finden sie einen Widerstand, welcher Ursache der sprungweisen Bewegung ist, und um so größer wird, da die ankommenden Körper ursprünglich ein Volumen haben, welches vielfach größer ist, als die herabkommenden Steine, woraus wir nothwendig auf eine sehr geringe Dichtigkeit schließen müssen. In Folge dieses Widerstandes beginnt auch die Erhitzung und das Brennen der Körper. Wenn auch die Luft in so großen Höhen, wo man Feuerkugeln gesehen hat, wegen ihrer geringen Dichtigkeit das Brennen weniger zu begünstigen scheint, als die in der Tiefe befindliche dichtere Luft, so wird dieses doch durch die große Geschwindigkeit solcher zu einem sehr großen Volumen ausgedehnten Massen reichlich ersetzt. Da nämlich die ursprüngliche Bewegung mehrere Meilen in der Secunde beträgt und dabei in einer fast horizontalen Richtung über bedeutende Landstrecken geht, so muß nothwendig durch die Compression eine Hitze erzeugt werden, welche hinreichend ist, Massen zu entzünden und die Bestand-

Digitized by Google

theile zu schmelzen und zu erweichen. Zu dieser Erhitzung trägt außer der Compression der Luft nach Parrot [42]) vielleicht die Einwirkung des Wasserdampfes auf die Schwefelmetalle das Ihrige bei. Eben so kann bei einer durch so schnelle Bewegung bemerkten Compression der Luft auch viele Elektricität entwickelt werden. Eine sich schnell bewegende Masse trifft auch selbst in einer äußerst dünnen Luft weit mehr Oxygen an, als wenn sie sich nicht bewegte; ja es ist nicht einmal nöthig, daß Oxygen bei diesem Verbrennungsprozesse die Hauptrolle spiele; einige Bestandtheile verbinden sich vielleicht mit dem Schwefel, auch möglich, daß die Meteorsteine ursprünglich als Bestandtheile die Metalle Silicium, Magnesium, Calcium u. s. w. enthalten, und daß diese sie erst in der Atmosphäre, in Kiesel-, Talk-, Kalkerde u. s. w. verwandelt haben: ein Prozeß, wobei nothwendig sehr viel Licht und Wärme entwickelt wird.

Einer vierten Hypothese zufolge sind diese Körper Producte unserer Atmosphäre. Chladni hat dieselbe stets bestritten und meint, dieser Ursprung sey aus folgenden Gründen unwahrscheinlich [43]):

1) In der Luft sind solche Stoffe, woraus die niederfallenden Massen bestehen, namentlich Eisen, Nickel, Kieselerde, Chrom u. s. w., zufolge aller chemischen Untersuchungen nicht vorhanden.

2) In der großen Höhe, in welcher man die Feuerkugeln schon gebildet gesehen hat und wo die Luft Millionenmal dünner ist, als unten, ist nicht genug Stoff zu den Eisenmassen vorhanden, wenn auch alles Ponderable zusammengeballt und durch irgend einen Deus ex machina in Eisen u. s. w. verwandelt würde.

3) Ist die Bahn so beschaffen, daß gleich bei dem Eintritte in die Atmosphäre eben so wohl Wirkungen einer Wurfkraft als der Schwerkraft bemerkbar sind; und in der Atmosphäre, besonders in einer Höhe von mehr als 20 Meilen, ist keine Kraft vorhanden oder denkbar, welche einem so

42) Parrot Physik der Erde III, 488.

43) Chladni Feuer-Meteore S. 419.

Digitized by Google

beträchtlichen Körper eine Geschwindigkeit von etlichen Meilen in der Secunde geben könnte; außerdem aber wird dadurch keine fast horizontale Bewegung hervorgebracht, auch ist dazu die anfängliche Geschwindigkeit viel zu groß und nimmt nicht etwa, wie es bei einem bloßen Falle geschehen müßte, nach und nach zu, sondern vielmehr durch den Widerstand der Atmosphäre ab.

4) Die mehrfach beobachteten Bogensprünge zeigen ganz deutlich, daß ein Körper sich nicht in der Atmosphäre gebildet haben kann, sondern vielmehr von außen darauf fällt und abprallt.

5) Die Erscheinung dieser Meteore ist von Jahres- und Tageszeiten, vom Wetter, vom Klima und überhaupt von allem, was auf der Erde und in deren Atmosphäre vorgeht, ganz unabhängig, was nicht der Fall seyn würde, wenn sie durch irgend einen in der Atmosphäre vorgehenden Prozeß aus Bestandtheilen derselben gebildet würden.

6) Endlich würde nach der Bemerkung von Klaproth [44]) das Eisen nebst dem Schwefeleisen sich in feuchten Lufträumen oxydirt haben und nicht im metallischen Zustande geblieben seyn.

Chladni fügt hinzu: „Wen diese Gründe nicht überzeugen, oder wer etwa die Beobachtungen, worauf sie beruhen, abläugnen wollte, für den würden auch alle andere Gründe verloren seyn; mit dem muß man also auch nicht streiten, sondern ihm seine fixe Idee lassen."

Ungeachtet dieser Bemerkungen haben dennoch mehrere Naturforscher sich bemüht, zu zeigen, daß diese Massen Gebilde unserer Atmosphäre seyen, unter denen ich nur Egen [45]), E. G. Fischer [46]) und Ideler [47]) nennen will; ganz vorzüglich hat der Erstere derselben sowohl die kosmische als die tellurische Ansicht

44) Klaproth Beiträge zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper V, 306.

45) Gilbert's Ann. LXXII, 375.

46) Abh. d. Berl. Acad. 1820 u. 1821. Phys. Kl. S. 20.

47) Ideler Feuerkugeln S. 55.

Digitized by Google

sicht geprüft und mehrere Gründe angeführt, welche die Möglichkeit dieser Entstehungsart erkennen lassen.

Es ist nämlich gewiß, daß eine große Menge von selbst metallischen Dämpfen in die Höhe steigt und daß es nur in den geringen Mengen derselben in einem kleinen Raume liegt, daß die Analyse sie nicht aufgefunden hat. Um einen Beweis von der großen Menge verflüchtigter Substanzen zu liefern, führt Egen die Producte der Klausthaler Hütten an. Zu diesen werden jährlich geliefert an Schlich 124000, an Kohlen 120000, an Holz zum Rösten und an Reisholz für den Treibofen 50000 Centner, in Summa also 294000 Centner. Nach Beendigung der Arbeit bleibt an festen Materien übrig: Silber 120, Kupfer 80, Blei und Glätte 48000, Schlacken 31000, zusammen also 79200 Centner. Es gehen also jährlich 294000 — 79200 = 214800 Centner als Dämpfe fort. Der Betrag, welchen die 170000 Centner Kohlen und Holz an verglaseter Erde zurückließen, ist etwa 1000 Centner, folglich steigen 169000 Centner aus den brennbaren und 45800 Centner aus den mineralischen Körpern in Dämpfen auf. Darunter sind vorzüglich Wasser, Blei, Eisen, Zink, Schwefel, Spießglas und Arsenik. Wenn auch viele dieser Dämpfe sich in geringer Entfernung von dem Orte ihres Ursprunges niederschlagen mögen, so können doch einige von ihnen sich sehr weit ausbreiten. Egen führt zum Beweise dieser Verbreitung an, daß manche Pflanzen in destillirtem Wasser groß wachsen und dann eben jene mineralischen Bestandtheile, namentlich Eisen und Erden enthalten, welche sie auch beim Wachsen an ihrem natürlichen Standorte annehmen; sie müssen demnach dieselben nothwendig aus der Luft erhalten. Noch mehr Gewicht erhält diese Ansicht Egen's durch die Analysen des Regenwassers, indem R. Brandes darin Salze von Magnesia, Natron, Kalk, Eisen- und Manganoxyd [48]), Zimmermann Eisen und Nickel fanden. Zwar ist Chladni [49]) der Meinung, es sey das Vorhandenseyn dieser Substanzen im Regenwasser kein Grund gegen den kosmischen Ursprung der Meteorsteine, da dieselben auch durch

48) Bd. I. S. 38.

49) Gilbert's Ann. LXXI, 363.

die vielen Feuerkugeln, welche einige Zeit vorher erschienen waren, von außen in die Atmosphäre gekommen seyn könnten. Es scheint mir indessen nicht gezwungener, mit Egen anzunehmen, diese Dämpfe seyen von der Erde in die Höhe gestiegen, als sich vorzustellen, sie seyen von außen angekommen.

Auch die übrigen von Chladni gegen diese Hypothese gemachten Einwendungen werden von Egen ausführlicher geprüft; was nämlich die große Höhe betrifft, welche einige Feuerkugeln gehabt haben sollen, so beruhen die Bestimmungen auf Schätzungen, welche zum Theil sehr unsicher sind, die Stellen wenigstens, wo die Explosionen erfolgten, konnten nicht sehr hoch seyn, weil man sonst die Detonation nicht hätte hören können. Was endlich die Kraft betrifft, von welcher diese Meteore fortgetrieben werden, so ist es nach Egen's Meinung eben so schwierig, die Kraft nachzuweisen, welche den kosmischen Massen eine Bahn geben soll, die von der verschieden ist, welche die Anziehungskraft der Weltkörper ihnen zu ertheilen strebt. Da diese Massen, in denen man stets oxydirtes Eisen findet, wodurch der Einwurf Klaproth's beseitigt wird, nur den höheren Regionen der Atmosphäre angehören, so sind sie von allen klimatischen und meteorologischen Verschiedenheiten, die sich in der Nähe des Bodens zeigen, unabhängig. Ideler [50]) führt gegen diese Bemerkung von Chladni die beiden Thatsachen an, daß die meisten Steinfälle auf die Sommermonate und die Aequinoctien fallen und daß ihre Zahl von dem Aequator nach den Polen zu abnimmt. Ich habe beide schon früher betrachtet und gezeigt, daß das Maximum im November liege, daß sich aber zugleich über die geographischen Verhältnisse nichts sagen lasse, da sich nicht in allen Gegenden der Erde gleich viel Beobachter finden.

Um den atmosphärischen Ursprung der Feuerkugeln zu zeigen, stützt sich Egen besonders auf die Phänomene, welche man bei ihrer Bildung beobachtet. Entweder trübte sich der Himmel durch eine dunkle oder glänzende Wolke, oder helle Streifen vereinigten sich zu einer einzigen Masse. Um diesen Ursprung zu erklären, müssen wir annehmen, daß irgend eine Naturkraft, deren

50) Ideler Feuerkugeln S. 59.

Digitized by Google

Wirksamkeit mit Licht verknüpft ist, macht, daß die in den höheren Räumen der Atmosphäre schwebenden Theilchen der Meteormassen sich verbinden; daß dieses Ansammeln der mehr ätherischen Wolken auf eine ähnliche Weise als die der niederen Wolken geschehe, und daß auf diese Meteore, sowohl bei der Bildung als nachher, Kräfte einwirken, welche eine Bewegung zu ertheilen vermögen, in Richtungen, welche von der der Schwere verschieden sind. Es ist wenigstens nicht schwieriger sich vorzustellen, daß dieses geschehe, als anzunehmen, daß die Meteormassen in lockeren Haufen aus dem Weltraume kommen und sich dann in der Atmosphäre vereinigen. Wollte man nämlich die eigene Anziehungskraft der Theilchen dabei wirken lassen, so kann man stets fragen, weshalb dieses nicht schon früher geschah, bevor noch die zwischenliegenden Lufttheilchen die Vereinigung erschwerten; eben so wenig aber können wir auch die Attraction der Erde dabei thätig seyn lassen.

Die Electricität scheint diejenige Kraft zu seyn, welche sich bei der Bildung der Feuermeteore in den höheren Regionen thätig erweist. Läßt sich auch die Art dieser Wirkung nicht näher nachweisen, so stimmen doch viele Feuermeteore so mit den Gewittern überein, daß diese Ansicht nicht zu gewagt erscheinen darf. Wären aber diese Massen auch wirklich kosmischen Ursprunges, so können sie doch Licht und Wärme nicht mit aus dem Weltraume gebracht haben, da sie in einem geschmolzenen Zustande waren, und es ist demnach anzunehmen, sie haben ihre Hitze erst in der Atmosphäre erlangt, dazu aber ist die Compression viel zu klein.

Häufig scheinen die Feuerkugeln mit atmosphärischen Erscheinungen im Zusammenhange zu stehen. Es geht dieses besonders aus der Häufigkeit dieser Meteore in dem merkwürdigen Winter 1821—1822 hervor; eben so rechnet Egen dahin die Bemerkung, daß sie öfter zur Zeit von Erdbeben sichtbar wurden.

Bei manchen Feuerkugeln ist ferner eine plötzliche Erhöhung der Temperatur beobachtet worden. Obgleich Chladni diese aus der Compression der Luft bei der Explosion herleitet, so scheint diese Ansicht nach Egen durchaus verwerflich; wäre dieses nämlich der Fall, so hätte man zugleich die Wirkungen des fürchterlichsten Sturmes erfahren müssen, während die Beobachter nicht einmal eines stärker gewordenen Windes gedenken. Dazu

Digitized by Google

kommt, daß man öfter bei sehr starken Detonationen keine Spur von Wärme bemerkt hat. Es ist wahrscheinlicher, daß diese Erwärmung mit der Electricität in enger Beziehung steht. Eben so schwierig wird es, die Heftigkeit der Detonation blos aus der mechanischen Explosion herzuleiten, da alle Erfahrungen über die Entzündung großer Massen von Schießpulver nichts ähnliches zeigen. Am schwierigsten aber ist die Thatsache zu erklären, daß die getrennten Stücke von Feuerkugeln sich nach der Explosion wieder vereinigten, wie man dieses am 8. Januar 1648 und 12. Julius 1820 gesehen hat. Die Hypothese, daß die abgesprengten Stücke an der Luft einen so großen Widerstand fanden, daß sie zurückgeworfen wurden, hat so viel Gezwungenes und Unnatürliches, daß man ihr nicht beistimmen kann. Nie hat man bei Vulkanen oder Kanonenkugeln auch nur die geringste Spur einer solchen Zurückwerfung bemerkt. Die Wiedervereinigung der Theile einer schon zersprengten Feuerkugel ist nach Egen die Wirkung von abstoßenden und anziehenden Kräften, welche die Kugel auf ihrem ganzen Wege begleiten und von denen auch die verschiedenen Gestalten abhängen mögen, die ihren beim Explodiren wenigstens schon festen Kern umgeben.

Der sprungweise Gang der caprae saltantes hängt nicht blos von ihrer schnellen Bewegung in der Atmosphäre ab. Indem sich die sehr lockere Masse weiter bewegt, kann allerdings die Reflexion von der Atmosphäre diese Bahn erzeugen. Aber auf diese Art können nur Sprünge in der verticalen Richtung entstehen, keineswegs aber lassen sich daraus die mehrmals beobachteten Seitensprünge herleiten, da in diesem Falle die Luft auf beiden Seiten dieselbe Dichtigkeit hat, und wir müssen daher nothwendig annehmen, daß noch andere Kräfte bei dieser Bewegung wirksam sind, und dieses sind wahrscheinlich dieselben, welche sie forttreiben und explodiren machen.

Ich habe die kosmische so wie die atmosphärische Hypothese hier ausführlich mitgetheilt, ohne über den Werth und die Richtigkeit derselben entscheiden zu wollen; bei einem Gegenstande, welcher so neu ist und wo mehrere wichtige Punkte nicht hinreichend aufmerksam beobachtet sind, scheint es voreilig, eine bestimmte Ansicht aussprechen zu wollen. Allerdings wird es für viele ein Einwurf gegen die Untersuchung Egens bleiben, daß

Digitized by Google

die Bestandtheile zu so großen Massen nicht in der Atmosphäre gefunden sind, und gesetzt man findet sie auch wirklich in größerer Menge auf, als die Untersuchungen des Regenwassers angeben, so bleibt es stets eine Schwierigkeit, nachzuweisen, durch welche Kraft und auf welchem Wege diese fein zerstreuten Metalldämpfe plötzlich zu Massen von vielen Pfunden vereinigt werden. Ideler [51]) stützt sich noch vorzüglich darauf, daß Meteorsteine bei Gewittern herabgefallen sind, indessen glaube ich, daß dieser Grund von geringem Gewichte sey, da es noch immer unentschieden bleibt, ob hiebei ein zufälliges Zusammentreffen beider Ereignisse Statt fand, oder ob beide in einem Causalzusammenhange standen. Die eben erwähnte Schwierigkeit gilt aber eben sowohl von der kosmischen Ansicht, ja es scheint mir nach dieser die Vereinigung der weit von einander entfernten Lichtstreifen zu einer Feuerkugel nicht klar, während sich dieses nach der Ansicht von Egen leichter ergiebt. Was endlich die Abweichungen von der gradlinigen oder paraboliſchen Bahn betrifft, auf welche Chladni ein so großes Gewicht legt, so lassen sich diese auch nach der atmosphärischen Hypothese erweisen. Ich glaube die Ablenkungen nicht sowohl aus der fortdauernden Wirkung der erzeugenden Kraft, als vielmehr aus dem Widerstande der Luft herleiten zu müssen. Alle Beobachter stimmen darin überein, daß sich an den Wendepunkten der Bahn das Meteor vorzüglich glänzend gezeigt habe und daß dann an dieser Stelle eine rauchartige Masse zurückgeblieben sey. Warum wollen wir nicht annehmen, daß sich an dieser Stelle das Meteor wirklich lebhafter entzündet habe? Ist dieses der Fall, so werden Gase und Dämpfe hier lebhafter entwickelt, wie dieses die zurückbleibende Rauchmasse erweist; entweicht dieser Dampf aber nicht nach allen Seiten mit gleicher Stärke, so wird sich die Feuerkugel durch eine ähnliche Reaction von der Richtung abwärts bewegen, nach welcher der Rauch strömt, als wir dieses bei dem Segnerischen Wasserrade sehen. Alles worauf es bei dieser Ablenkung ankommt, ist die Richtung nach welcher der Dampf entweicht; nur von ihr hängt es ab, ob die Sprünge in der verticalen oder horizontalen Richtung erfolgen sollen.

51) Ideler Feuerkugeln S. 72.

Digitized by Google

So viel scharfsinnige Folgerungen auch Egen aus seiner Hypothese hergeleitet hat, so wage ich doch nicht, mich mit Bestimmtheit darüber auszusprechen, ob sie den Vorzug vor der kosmischen verdiene; wenn sie auch einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit besitzt und mit großer Consequenz durchgeführt ist, so bleiben doch noch stets einige Punkte dunkel. Möchte es künftigen Beobachtern gelingen, die zu ihrer Begründung nöthigen Thatsachen zu sammeln, zu denen namentlich eine scharfe Bestimmung der Bahn gehört; erst dann, wenn diese in vielen Fällen genauer bestimmt ist, wird es möglich seyn, über den Werth dieser verschiedenen Ansichten ein schärferes Urtheil zu fällen.

Digitized by Google

Zehnter Abschnitt.

Einige Bemerkungen über den Magnetismus der Erde.

Die Gesetze und Thatsachen, welche wir in dem vorliegenden Abschnitte entwickeln wollen, weichen von allen früheren Untersuchungen durch mehrere Umstände, namentlich durch ihre Großartigkeit ab. Wenn gleich heftige Oscillationen um den mittlern Zustand der Atmosphäre sich auf einem großen Theile der Erde zeigen, wenn heftige Stürme in kurzer Zeit Hunderte von Meilen durchlaufen und ungewöhnlich hohe oder tiefe Barometerstände fast gleichzeitig in einem großen Theile der Erde Statt finden, so läßt sich doch stets die Zeit nachweisen, während welcher diese Aenderungen progressive fortrücken. Ganz anders ist es mit den vorliegenden Erscheinungen. Wir treten hier in eine neue Welt von Veränderungen, welche gleichzeitig in Göttingen und Kopenhagen, Paris, Berlin, Petersburg, Kasan und Nicolajew am schwarzen Meere erfolgen; bei ihrem regelmäßigen täglichen Gange zeigt die Nadel an einem dieser Orte eine plötzliche Zuckung, und mehr oder minder groß erscheint dieselbe fast in demselben Momente an allen übrigen Punkten. Sehen wir hierin eine Großartigkeit, welche wir bei den übrigen atmosphärischen Phänomenen nicht finden, so wird diese noch durch einen andern Umstand mehr hervorgehoben. Wenn gleich mittlere Wärme, Luftdruck, Regenmenge und Windrichtung in verschiedenen Jahren Ungleichheiten zeigen, so scheinen doch diese Größen nur um eine mittlere zu oscilliren; Beobachtungen von wenigen Jahren genügen, um eins von diesen Elementen mit großer Annäherung an die Wahrheit zu bestimmen; ändert sich eins derselben im Laufe der Jahrhunderte, so ist diese Aenderung gewiß sehr klein, wenig-

Digitized by Google

stens weit kleiner als die Variationen im Laufe der jährlichen Periode. Wie ganz anders dagegen ist es hier! Spuren der mehrere Jahrhunderte langen Periode, in welcher die Magnetnadel ihre jedem Orte eigenthümlichen Stellungen durchläuft, waren längst bekannt, ehe man ihre Bewegungen im Laufe des Tages oder Jahres bemerkte; so klein sind diese in Vergleich mit jenen, daß sich die Säcular-Aenderungen durch sehr unvollkommene Instrumente finden lassen, während diese kleinen Schwankungen mehr oder minder feine Vorrichtungen erfordern, falls man sie erkennen will.

Durch den großen Umfang dieser Periode, durch die weite Verbreitung der Aenderungen wird diese Untersuchung in hohem Grade erschwert. Wir sollen die Variationen bestimmen, welche im Laufe von mehreren Jahrhunderten Statt finden, und doch sind genaue Beobachtungen über die Richtung der Magnetnadel kaum während einer Zeit von eben so viel Decennien gemacht worden. Sind wir daher kaum im Stande diese Periode für irgend einen Ort anzugeben, so wissen wir noch weniger, ob nach Jahrhunderten, wo die Richtung der Magnetnadel an einem Orte wieder dieselbe ist, welche in der vorhergehenden Periode Statt fand, Richtung und Stärke des Erdmagnetismus an allen übrigen Punkten der Erde eben so beschaffen seyn werden, als in dem entsprechenden Momente der frühern Periode, oder ob Jahrtausende vergehen, ehe dieselben Elemente gleichzeitig auf der ganzen Erde wieder gefunden werden.

Bei dieser geringen Kenntniß der Gesetze, von denen die Erscheinungen abhängen, wird es schwer, ihre Ursachen mit einiger Wahrscheinlichkeit anzugeben, so sehr, daß sich jetzt kaum mit Bestimmtheit sagen läßt, ob diese Untersuchungen in die Meteorologie gehören, oder ob sie einen besondern unabhängigen Theil der physischen Geographie der Erde bilden. Dazu kommt, daß die Zahl der Naturforscher, welche diese Phänomene untersucht und von verschiedenen Seiten beleuchtet haben, weit kleiner ist, als bei allen übrigen, minder verwickelten Erscheinungen der Atmosphäre. Mit Recht klagt Hansteen, welchem wir zuerst eine gründlichere und ausführliche Arbeit hierüber verdanken: „Europas Mathematiker haben seit Kepler's und Newton's Zeiten sämmtlich die Augen gen Himmel gekehrt, um die Planeten

in ihren feinsten Bewegungen und gegenseitigen Störungen zu verfolgen; es wäre zu wünschen, daß sie jetzt eine Zeitlang den Blick hinab in den Mittelpunkt der Erde senken möchten, denn auch allda sind Merkwürdigkeiten zu schauen. Es spricht die Erde mittelst der stummen Sprache der Magnetnadel die Bewegungen in ihrem Innern aus, und verstünden wir des Polarlichtes Flammenschrift recht zu deuten, so würde sie für uns nicht weniger lehrreich seyn. Der Zusammenhang der Meteorologie mit dem Polarlichte, folglich mit den magnetischen Kräften, springt in die Augen; eben so merkwürdig ist die Gleichheit zwischen Humboldt's isothermischen Linien und den magnetischen Neigungslinien." [1]).

Was Hansteen im Jahre 1819 wünschte, ist in der Folge ausgeführt worden. Nicht nur haben die mächtigen seefahrenden Nationen Expeditionen ausgeschickt, welche ihre Aufmerksamkeit vorzüglich auf diesen Punkt richten sollten, sondern Reisende haben die Elemente auch an vielen Orten des Festlandes bestimmt, Astronomen haben die Beobachtungsmethoden verbessert und die Regierungen haben mit Freigebigkeit Observatorien errichtet, in welchen die Wanderungen der Magnetnadel verfolgt werden, und so finden wir an bestimmten Tagen Beobachter von Paris durch Deutschland, Rußland bis Peking in China und Sitcha an der Nordwestküste Americas beschäftigt, die Richtung der Resultirenden der magnetischen Kräfte der Erde zu messen. Dadurch ist denn allerdings die Reihe der Thatsachen bedeutend vergrößert worden, aber eben diese neu erlangten Kenntnisse lassen uns bedauern, daß nicht schon früher ähnliche Arbeiten unternommen wurden. Bei jedem Schritte, welchen wir weiter gehen, lernen wir den großen Umfang dieser Phänomene näher kennen, zugleich aber überzeugen wir uns, daß es erst künftigen Geschlechtern möglich seyn wird, diese einzelnen Thatsachen zu einem harmonischen Ganzen zu verbinden.

Durch diese vereinten Bemühungen vieler Beobachter, deren Werth erst dann in die Augen fällt, wenn wir den jetzigen Zustand unserer Kenntnisse mit demjenigen vor dem Jahre 1819

1) Christopher Hansteen Untersuchungen über den Magnetismus der Erde. 4. Christiania 1819. Vorrede S. XI.

Digitized by Google

vergleichen, sind mehrere Umstände aufgefunden worden, welche auf eine Relation zwischen den magnetischen und meteorologischen Phänomenen deuten, und mehrere Physiker haben darauf in den letzten Jahren aufmerksam gemacht. Ich erwähne unter diesen besonders Arago, Dove, Duperrey, Ad. Erman, Hansteen, Horner, v. Humboldt, Kupffer, Moser und Reich. Die Untersuchungen dieser Gelehrten, aus denen ich hier einen Auszug geben will, haben mich bewogen, einige der wichtigsten Gesetze des Erdmagnetismus, namentlich die täglichen und jährlichen Variationen in der Richtung und Stärke desselben, zu betrachten, obgleich ich diese Thatsachen meinem ursprünglichen Plane zufolge ganz ausgeschlossen hatte.

Die einfache Bestimmung der Richtung, in welche sich eine von den Resultirenden der erdmagnetischen Kräfte gezogene Nadel stellt, ist mit vielen mechanischen Schwierigkeiten verbunden; es setzt dieses eine Nadel voraus, welche in ihrem Schwerpunkte unterstützt ist und sich mit Freiheit nach allen Richtungen bewegen kann. Man zerfällt deshalb die Aufgabe in zwei andere, indem man die Stellung aufsucht, in welche sich eine nur in der Horizontalebene bewegliche Nadel stellt. Hat man auf diese Art den magnetischen Meridian gefunden, so stellt man in die durch ihn gelegte Verticalebene eine nur in der letztern bewegliche Nadel und bestimmt solchergestalt die Inclination. Mit wenigen Worten will ich hier an die Methoden erinnern, deren man sich bei Herleitung beider bedient.

Bei Bestimmung der absoluten Declination, d. h. des Winkels, welchen der magnetische Meridian mit dem astronomischen bildet, kann man sich aller Methoden bedienen, welche bei der Messung von Horizontalwinkeln angewendet werden. Auf einem getheilten Horizontalkreise wird die Lage der Nadel fixirt und sodann der Winkel aufgesucht, welchen sie mit der Sonne oder terrestrischen Gegenständen, deren Azimuth bekannt ist, im Augenblicke der Beobachtung einschließt. Da es uns jedoch hier weniger auf diese Größe, als auf die in kleineren Perioden erfolgenden regelmäßigen oder unregelmäßigen Aenderungen ankommt, so wollen wir nur die zu diesen Beobachtungen dienenden Instrumente betrachten.

Digitized by Google

Schon Coulomb hatte einen Apparat angegeben [2]), welcher große Genauigkeit mit Leichtigkeit der Beobachtung verbindet; dieser ward in der Folge von Gambey [3]) mit großer Sorgfalt construirt, und an vielen Orten wird jetzt mit Apparaten beobachtet, welche aus der Werkstatt dieses ausgezeichneten Künstlers hervorgegangen sind. Im Innern eines parallelepipedischen Kastens befindet sich eine Magnetnadel, welche an einem oder mehreren Coconfäden von einigen Zoll Länge hängt und in Folge des geringen Widerstandes, welchen die Torsion des Fadens ausübt, mit Leichtigkeit jede Stellung annimmt, welche die Richtkraft der Erde erfordert. Der Kasten wird so gestellt, daß die Nadel etwa seine Mitte einnimmt. Um die Lage der letztern mit Genauigkeit zu erkennen, ist auf ihren Endflächen ein feiner Strich gezogen oder ein sehr feiner Draht gespannt, welche beide mit ihrer Axe zusammenfallen; Mikroskope, welche außerhalb des Kastens an Mikrometerschrauben beweglich sind und deren Kreuzfäden auf die oben erwähnten Striche gestellt werden können, dienen dazu, die Stellung der Nadel in jedem Momente anzugeben. Ist dann die Größe der Abweichung während einer dieser Beobachtungen bekannt, so geben die kleinen mit diesem Apparate beobachteten Aenderungen die Variationen in der Lage des magnetischen Meridianes.

Es setzt die Verfertigung dieses Apparates stets einen geschickten Künstler voraus, weniger ist dieses der Fall bei dem von Prony empfohlenen Verfahren [4]). Eine Magnetnadel, oder, nach den sogleich zu erwähnenden Untersuchungen von Gauß, ein ziemlich starker Stahlstab wird an mehreren parallelen Coconfäden aufgehängt; an ihm ist ein Fernrohr oder noch besser die beiden Linsen, welche ein solches bilden, dergestalt befestigt, daß die durch das Fadenkreuz gehende optische Axe mit der magnetischen Axe der Nadel zusammenfällt. Es wird sodann der Punkt einer in der Entfernung von mehreren Fußen aufgestellten Scale

2) Mém. présentés IX, 212.

3) Biot Précis de physique II, 110.

4) Journal de physique XLIV, 474. Gilbert's Annalen XXVI, 275. und Horner in Gehler's Wörterb. N. A. I, 133.

aufgesucht, welche von dem Fadenkreuze gedeckt wird und daraus die Aenderung der Declination hergeleitet.

Die eben erwähnten Methoden haben das Unbequeme, daß der Beobachter sich stets in der Nähe der Nadel befindet und daß eine geringe Menge von Eisen, welche er bei sich führt, auf diese ohnehin stets sehr kleinen Schwankungen einen mehr oder minder bedeutenden Einfluß ausüben kann. Deshalb schlug Poggendorff [5]) ein Verfahren vor, bei welchem die Nähe des Beobachters vermieden wird. Obgleich v. Riese [6]) die nöthigen Vorsichtsmaaßregeln und die Größe der dadurch zu erlangenden Genauigkeit ausführlich betrachtete, so scheint doch Niemand Versuche damit gemacht zu haben, bis späterhin Gauß [7]) die Anwendbarkeit dieses Vorschlages erkannte und durch eine Reihe scharfsinniger Untersuchungen diesen Beobachtungen einen Grad von Genauigkeit gab, wie wir ihn sonst nur bei astronomischen Messungen finden. Es wird nämlich an dem Magnetstabe, welcher zur Verminderung des Einflusses, welchen Luftströmungen und ähnliche Störungen auf seine Stellung äußern könnten, ein Gewicht von mehreren Pfunden hat, ein kleiner Spiegel befestigt; in einiger Entfernung ist auf eine unverrückbare Unterlage ein Fernrohr gelegt, unter welchem sich eine geradlinige Scale befindet, die in dem Spiegel reflectirt wird. Der Punkt, welcher von dem im Fernrohre befindlichen Fadenkreuze gedeckt wird, dient zur Herleitung der Declination. Bei diesem Verfahren, wo der Beobachter stets von der an Coconfäden hängenden Nadel entfernt bleibt, ist der Halbmesser des Kreises, auf welchem die Winkel abgelesen werden, doppelt so groß als bei der Methode von Prony, und es wird mithin eine größere Genauigkeit erreicht. Handelt es sich dabei nur um die täglichen Variationen in der Stellung des magnetischen Meridianes, so ist der Winkel, welchen der Spiegel mit der Axe der Nadel bildet, gleichgültig; man stellt dann Nadel und Fernrohr so auf, wie es das Local am besten zuläßt, und befestigt den Spiegel unter einem solchen Win-

5) Poggendorff's Annalen VII, 121.

6) Daf. IX, 67.

7) Poggendorff's Annalen XXVIII, 247. und Göttinger gelehrte Anzeigen 1832. Nr. 205. 206 u. 207.

kel mit der Axe an der Nadel, daß man das reflectirte Bild der Scale sieht. Soll dagegen die absolute Declination gefunden werden, so muß die Neigung des Spiegels bekannt seyn. Man erlangt dabei die größte Schärfe, wenn der Spiegel mit der Axe parallel ist oder darauf senkrecht steht; statt des einfachen Fernrohres wird dann das an einem Theodolithen befindliche genommen und der Winkel gemessen, welchen die Magnetnadel mit Gegenständen bildet, deren Azimuth bekannt ist.

Beobachtungen, welche gleichzeitig in Berlin, Kopenhagen, Göttingen, Leipzig, Mailand und andern Orten auf diese Art gemacht wurden, haben gezeigt, daß die Declination beständigen Schwankungen unterworfen sey, und daß bei Untersuchung derselben die Zeit mit einer Genauigkeit bestimmt werden müsse, wie dieses bei astronomischen Untersuchungen der Fall ist. Da jedoch eine solche Nadel beständig in kleinen Bögen oscillirt, so kann man für einen Moment, z. B. $0^h\ 10'$ nicht den Theilstrich der Scale nehmen, welcher in diesem Zeitpunkte vom Faden des Fernrohres gedeckt wird, weil man dadurch nur die relative Lage des Magnetstabes, nicht aber die des magnetischen Meridianes erhielte. Die Beobachtung der beiden Gränzpunkte einer Oscillation könnte nur in dem Falle, daß der Meridian sich innerhalb einer kurzen Zeit nicht verschöbe, zum Ziele führen; änderte er seine Lage während einer Oscillation, so würde sich zwar, wenn dieses mit gleichförmiger Geschwindigkeit geschähe, aus jenen Gränzpunkten und den zugehörigen Zeitmomenten ergeben, welcher Punkt der Scale dem Meridiane entsprach und in welchem Momente er unter dem Faden des Fernrohres befindlich war, allein dieser Moment würde nicht derjenige seyn, für welchen man die Lage des Meridianes zu bestimmmen beabsichtigte.

Anfänglich wendete Gauß zu dieser scharfen Bestimmung eine Methode an, welche Poggendorff ausführlicher beschreibt [8]). Es wird dabei vorausgesetzt, daß die Dauer der Oscillation und ihre Weite, d. h. der Abstand der Magnetnadel zur Zeit ihrer größten Ablenkung von der Lage, welche der Meridian in jenem Augenblicke besitzt, während der Beobachtung unverändert bleiben, daß der magnetische Meridian seine Lage mit

8) Poggendorff's Annalen XXXII, 570.

gleichförmiger Bewegung ändere und daß die Dauer einer Oscillation genau ausgemittelt sey. Beträgt die Dauer einer Doppelschwingung z. B. 28″, so besteht diese Methode darin, daß man 7 Secunden vor und nach dem Momente beobachte, für welchen die Stellung der Nadel gesucht wird; das arithmetische Mittel beider Ablesungen giebt dann die gesuchte Größe. Gesetzt es sey die Dauer einer Doppelschwingung $= 1$ und man wolle die Declination für die Zeit t bestimmen, wo t von dem Momente eines frühern Meridiandurchganges der Nadel gerechnet wird, so beobachtet man zu den Momenten $t - \frac{1}{4}$ und $t + \frac{1}{4}$. Bezeichnet man nun mit a und a_x die Punkte der Scale, welche man in diesem Momente unter dem Faden des Fernrohres antrifft, mit x und x_x die unbekannten Punkte, welche der Lage des magnetischen Meridianes in denselben Momenten entsprechen und mit c die constante Menge von Scalentheilen, innerhalb welcher die Nadel oscillirt, so hat man zur Bestimmung von $\frac{1}{2}(x + x_x)$, welches die relative Lage des Meridianes zur Zeit t angiebt, wegen der geringen Weite der Oscillationen die beiden Gleichungen

$$a = x + c \sin 2\pi (t - \tfrac{1}{4})$$
$$a_x = x_x + c \sin 2\pi (t + \tfrac{1}{4})$$

oder

$$a = x - c \cos 2\pi t$$
$$a_x = x_x + c \cos 2\pi t$$

und hieraus $\frac{1}{2}(x + x_x) = \frac{1}{2}(a + a_x)$.

Später hat Gauß ein anderes Verfahren angewendet, bei welchem ebenfalls vorausgesetzt wird, daß die Schwingungsbögen klein seyen [3]). Er beobachtet in 6 verschiedenen, stets um eine Schwingung getrennten Momenten, so daß der gewünschte Moment in die Mitte fällt, wobei statt der genauen Schwingungsdauer die nächste runde Zahl von Secunden oder Uhrschlägen genommen wird. Indem er dann aus den beiden auf einander folgenden Größen das Mittel nimmt, erhält er fünf Mittel, deren durch 5 dividirte Summe die gesuchte Größe giebt.

In früheren Zeiten hingen die Magnetnadeln gewöhnlich vermöge eines Achathütchens auf einer feinen Stahlspitze, und es wurden namentlich durch die meteorologische Societät zu Mann-

3) Poggendorff's Annalen XXXIII. 480.

Digitized by Google

heim Instrumente dieser Art verbreitet, welche Brandes in Augsburg verfertigt hatte. Man erreicht jedoch hiedurch bei weitem nicht den hohen Grad von Genauigkeit, als durch die erwähnten Apparate, indem weder die Theilung so fein, noch die Beweglichkeit der Nadel so groß war, daß man Schwankungen von einer Minute oder noch weniger beobachten konnte. Indessen machte Biot [10]) darauf aufmerksam, daß man die Bewegungen einer Nadel beliebig vergrößern könnte, wenn man in einiger Entfernung eine zweite anbrächte und die Wanderungen der ersten bei dieser Vorrichtung beobachtete. Versuche, welche Barlow und Christie in England anstellten [11]), schienen auf manche Anomalien bei dieser Beobachtungsart zu deuten, und die Formeln, welche Biot später entwickelte, um aus der Stellung der Nadel die Lage des magnetischen Meridianes herzuleiten [12]), hatten keineswegs die zur Berechnung erforderliche bequeme Gestalt. Indessen zeigte Moser späterhin [13]), daß es leicht sey, durch eine einfache Rechnung auf diese Art genaue Resultate zu erhalten. Wird nämlich ein Magnetstab so gelegt, daß seine Axe mit dem magnetischen Meridiane zusammenfällt und er der Nadel den feindschaftlichen Pol zuwendet, ohne daß jedoch letztere umgekehrt wird, so wird ihre Richtkraft dadurch geschwächt und die von den störenden Ursachen hervorgebrachte Variation dadurch vergrößert. Ich übergehe hier die theoretischen Untersuchungen, und begnüge mich damit, die von dem Verfasser entwickelte Beobachtungsart anzugeben. Man beschreibe aus dem Centrum der beweglichen Nadel einen Horizontalkreis und theile ihn ein, indem man den Nullpunkt der Theilung in den magnetischen Meridian verlegt. Hierauf bringe man einen Magnetstab bei demselben Abstande von dem Mittelpunkte der beweglichen Nadel in verschiedene Azimuthe, aber stets so, daß seine Axe durch den Drehpunkt geht. Ist nun i der Winkel, welchen der Magnet, z derjenige, welchen die Nadel mit dem magnetischen Meridiane macht, so erhält man die Gleichung

$$\frac{\sin(z-i)}{\sin z} = a - b\sin^2\tfrac{1}{2}z + c\sin^4\tfrac{1}{2}z - \ldots$$

10) Biot Précis de Physique II, 111.

11) Philos. Trans. 1823. Schweigger's Jahb. N. R. XII, 1.

12) Annales de chimie et de physique XXIV, 140.

13) Poggendorff's Annalen XX, 431.

wo a, b, c .... constante durch die Beobachtungen zu bestimmende Coefficienten sind, wobei indessen vorausgesetzt wird, daß der Werth von z nicht sehr von o abweicht. Für kleine Werthe von z ist die Vergrößerung gleich $\frac{1}{1-a}$. Hat man die Coefficienten durch einige Versuche bestimmt, so läßt sich bei einer constanten Lage des Stabes aus der Stellung der Nadel die jedesmalige Richtung des Meridianes herleiten. Vergleichungen dieses Verfahrens mit den von einem Gambey'schen Instrumente gemachten Beobachtungen bestätigen die Brauchbarkeit desselben.

Schwieriger als die Bestimmung der Declination ist die der Neigung; wir sind kaum im Stande die absolute Größe derselben mit einiger Annäherung anzugeben, und noch größer werden die Schwierigkeiten, wenn wir die täglichen oder jährlichen Variationen untersuchen wollen. Zwar haben sich in neueren Zeiten ausgezeichnete Künstler, unter denen ich besonders Dollond und Gambey nenne, mehrfach bemüht, Nadeln von großer Vollkommenheit zu verfertigen, indessen zeigen nach den Bemerkungen von Hansteen [14]) mehrere Nadeln, welche Gambey demselben Instrumente giebt, aller bei der Messung angewendeten Vorsicht ungeachtet, Differenzen von mehreren Minuten. Und doch sind diese Nadeln so genau als möglich im Schwerpunkte unterstützt. Es scheint dieser Unterschied in der Schwierigkeit zu liegen, der Drehungsaxe eine vollkommen cylindrische Gestalt zu geben, weshalb es nach Hansteen am zweckmäßigsten zu seyn scheint, eine Axe zu benutzen, welche nur durch eine hinreichend starke Reibung in ihrer Lage erhalten wird. Hat man dann eine Reihe von Beobachtungen vollendet, so wird die Axe um 90° oder 180° herumgedreht und eine zweite Reihe von Messungen gemacht.

Der größte Uebelstand bei dieser Klasse von Beobachtungen liegt in der Schwierigkeit, die Drehungsaxe mit dem Schwerpunkte zusammenzubringen. Zwar haben ausgezeichnete Physiker Methoden vorgeschlagen, wie man mittelst einer schlecht äquilibrirten Nadel die Neigung hinreichend scharf finden könne; dabei aber wird so viel Zeit zu einer einzigen Messung verwendet, daß man

14) Poggendorff's Annalen XXI, 405.

man kaum darauf rechnen darf, Beobachtungen über die stündlichen Variationen auf diese Art in größerm Umfange zu erhalten. Es war Mayer, welcher in neueren Zeiten den Gegenstand ausführlicher verfolgte und gerade eine schlecht äquilibrirte Nadel forderte [15]). Späterhin entwickelten Kupffer und Rieß [17]) Methoden dieses Element zu finden. Besonders betrachtete ersterer den Gegenstand ausführlicher, jedoch setzte er im Allgemeinen Nadeln voraus, welche ziemlich gut äquilibrirt wären, während Rieß dieses weniger forderte. Kann man gleich durch vier im magnetischen Meridiane gemachte Messungen die Neigung ziemlich genau erhalten, so tritt doch dabei die Schwierigkeit ein, daß man bei Aufstellung des Instrumentes in ihnen leicht Fehler begehen kann, wodurch die Neigung etwas zu groß gefunden wird; außerdem aber wird der Einfluß der Beobachtungsfehler durch eine größere Zahl von Messungen vermindert. Deshalb empfehlen sowohl Kupffer als Rieß Beobachtungen in verschiedenen Azimuthen. Ist nämlich J die Neigung einer gut äquilibrirten Nadel im magnetischen Meridiane, i_x die Neigung in dem Azimuthe x, so ist

$$\cot . i_x = \cot . J . \cos . x.$$

Machen wir nun n Beobachtungen in den Azimuthen

$$x, x + \frac{360°}{n}, x + \frac{2.360°}{n}, x + \frac{3.360°}{n} \ldots, x + \frac{(n-1).360°}{n}$$

und bezeichnen wir die zugehörigen Stellungen der Nadel mit $i, i_1, i_2, i_3 \ldots i_{n-1}$, so wird

$$\cot . i = \cot J . \cos x$$

$$\cot . i_1 = \cot . J . \cos \left(x + \frac{1}{n} . 360°\right)$$

$$\cot . i_2 = \cot . J . \cos \left(x + \frac{2}{n} . 360°\right)$$

15) Gilbert's Annalen XLVIII, 229.

16) Poggendorff's Annalen XXIII, 449. und XXV, 193.

17) Ebendas. XXIV, 193.

Daher wird

$$\cot.^2 i + \cot.^2 i_x + \cot.^2 i_2 \ldots + \cot.^2 i_{n-1}$$
$$= \cot.^2 J \left\{ \cos.^2 + \cos^2 (x \frac{1}{n} . 360^\circ) + \right.$$
$$\left. \cos^2 (x + \frac{2}{n} . 360^\circ) + \ldots \right\}$$

Hier ist der Factor von $\cot^2 J$ gleich $\frac{n}{2}$, also

$$\cot^2 J = \frac{2}{n} (\cot.^2 i + \cot.^2 i_x + \cot.^2 i_2 + \ldots.)$$

Diese von Kupffer entwickelte Gleichung giebt seinen Untersuchungen zufolge Werthe, welche nichts zu wünschen übrig lassen [18]), jedoch wird dabei eine möglichst vollkommen äquilibrirte Nadel vorausgesetzt. Dagegen betrachtet Rieß die Aufgabe allgemeiner, indem er nicht äquilibrirter Nadeln bedarf und nicht einmal fordert, daß der Nullpunkt des Verticalkreises genau in der durch den Drehpunkt gehenden Horizontale liege. Ich will hier die wichtigsten Punkte seiner Untersuchung angeben.

Es werde der Magnetismus in das verticale und horizontale Moment zerlegt, es bezeichne C das Product der horizontalen Componente mit der Entfernung des magnetischen Centrums von der Drehungsaxe und D eben dieses Product für die verticale Componente, P das Product aus der Masse der Nadel mit der Entfernung des Schwerpunktes von der Drehungsaxe, so wird die Nadel in jedem Azimuthe x von den beiden Größen D und P ganz afficirt, dagegen wirkt von C nur die Größe C. cos x. Nimmt die Nadel im Zustande des Gleichgewichtes eine solche Stellung an, daß sie mit dem Horizonte den Winkel i_x bildet, so ist die Summe der Momente aller drei Kräfte gleich 0. Liegt der Schwerpunkt der Nadel nicht im Drehpunkte, sondern in einiger Entfernung unterhalb der Axe, und bildet die von ihm nach dem Drehpunkte gezogene Linie mit der letztern den Winkel α, also mit dem Horizonte den Winkel $i_x + \alpha$, so wird die Nadel gesenkt durch die beiden Momente P cos $(i_x + \alpha)$ und D . cos i_x,

17) Poggendorff's Annalen XXIII, 465.

dagegen gehoben durch das Moment $C \cdot \sin i_x \cos x$. Wir haben also die Gleichung

$$P \cos (i_x + \alpha) + D \cos i_x - C \cdot \sin i_x \cos x = 0.$$

Hat die Nadel in einem andern Azimuthe eine solche Stellung, daß die durch den Drehpunkt gezogene Verticale zwischen der von letzterem nach dem Schwerpunkte gezogenen Linie und der Axe durchgeht, so wird das von der Schwere herrührende Moment negativ, bleibt aber in der Gleichung unverändert, da es die Nadel nach oben zu ziehen sucht. Wir erhalten daher allgemein

$$\cot . i_x = \frac{C}{D + P . \cos \alpha} \cos . x + \frac{P \sin \alpha}{D + P \cos \alpha} = A \cos x + B.$$

Hier bleibt $\cot i_x$ so lange positiv, bis x den Werth $\text{arc} \left(\cos = - \frac{P \sin \alpha}{C}\right)$ erreicht hat, wo die Nadel vertical steht, worauf sie sich bei fortgesetzter Drehung in verschiedene Azimuthe mit Umkehrung der Kanten erhebt. Man erhält demnach für Inclinationen in zwei diametral entgegengesetzten Azimuthen die beiden Gleichungen

$$\cot . i_x = A \cos x + B$$

$$\cot . i_{x+180^\circ} = - (A \cos x - B).$$

Stellt man hierauf die zweite Reihe von Beobachtungen an, bei welcher die Nadel auf ihrer Axe so umgelegt wird, daß diejenige Kante, welche vorher unten lag, nach oben gerichtet wird, so gelten dieselben Voraussetzungen, nur liegt der Schwerpunkt jetzt über der Axe, wodurch α negativ wird. Wir haben hier die Gleichung

$$\cot . i'_x = \frac{C}{D + P \cos \alpha} \cos x - \frac{P \sin \alpha}{D + P \cos \alpha} = A \cos x - B.$$

Eben so

$$\cot . i'_{x+180^\circ} = - (A \cos x + B).$$

Es ist mithin

$$\left.\begin{aligned} i_x &= - i'_{x+180^\circ} \\ i'_x &= - i_{x+180^\circ} \end{aligned}\right\} \quad (a)$$

Es hält jedoch schwer, diesen beiden Gleichungen zu genügen, da der Nullpunkt der Theilung nicht passend aufgestellt seyn kann, oder andere kleine Ungleichheiten in der Axe Störungen hervorbringen können. Deshalb ist es am vortheilhaftesten, das Mittel von i_x und $-i'_{x+180^\circ}$ als angenäherten Werth von i_x anzusehen. Um nun aus mehreren Beobachtungen dieser Art die wahre Neigung zu finden, ist es am besten, die Ablesung in verschiedenen Azimuthen vorzunehmen, welche denselben Abstand von einander haben. Ist daher n die Zahl der Beobachtungen einer jeden Reihe, wo $\frac{n}{2} = \frac{180}{m}$ eine ganze Zahl ist, so behält man $\frac{n}{2}$ Beobachtungen der ersten Reihe und combinirt diese mit den $\frac{n}{2}$ Beobachtungen der zweiten, welche jenen diametral gegenüber liegen. Sind auf diese Art in den Azimuthen $o, m, 2m \ldots \left(\frac{n}{2} - 1\right) m$ die Größen $i_o, i_r, i_2 \ldots i_{\frac{n}{2}-1}$ gefunden, so läßt sich die Inclination auf folgende Art finden.

Ist x das Azimuth des Verticalkreises, wenn die Alhidade des Horizontalkreises auf 0 steht, so hat man $\frac{n}{2}$ Gleichungen von der Form

$$\cot i_r = A \cos (x + rm) + z \qquad (1)$$

wo r von o bis $\frac{n}{2} - 1$ genommen wird. Entwickeln wir hier den Cosinus und setzen

$$A \cos x = y, \quad A \sin x = v \qquad (2)$$

so wird $\cot . i_r = \cos rm . y - \sin rm . v + z \qquad (3)$

Um die wahrscheinlichsten Werthe von y, v und z zu finden, combiniren wir die einzelnen Gleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate und bilden so folgende drei Fundamentalgleichungen:

$$\left.\begin{aligned} -S . \cot . i_r \cos rm + y S . \cos^2 rm - v S . \sin rm . \cos rm \\ + z . S \cos rm = P \end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned} S . \cot . i_r . \sin rm - y S \cos rm . \sin rm + v S . \sin^2 rm \\ - z . S \sin rm = Q \end{aligned}\right\}$$

$$-S . \cot i_r + y S \cos rm - v S \sin rm + z . \frac{n}{2} = R$$

Digitized by Google

wo die Summe von $r = o$ bis $\frac{n}{2} - 1$ genommen wird. Drücken wir die Functionen der Winkel durch die der doppelten Bögen aus und erwägen dabei, daß $\frac{nm}{2} = \pi$, so wird

$$S \cos^2 rm = \frac{n}{4}; \quad S \sin^2 rm = \frac{n}{4}; \quad S \sin rm . \cos rm = 0$$

$$S . \cos rm = 1, \quad S \sin rm = \cot \frac{m}{2}$$

und hiedurch verwandeln sich die drei Fundamentalgleichungen in die folgenden:

$$-S . \cot i_r \cos rm + \frac{n}{4} y + z = P$$

$$S \cot i_r \sin rm + \frac{n}{4} v - \cot \frac{m}{2} z = Q$$

$$-S \cot i_r + y - \cot \frac{m}{2} . v + \frac{n}{2} z = R$$

Setzen wir $\alpha = S . \cot i_r \cot rm$

$\beta = S \cot i_r \sin rm$

$\gamma = S \cot . i_r$

$\delta = \cot \frac{m}{2}$, so wird

$$y = \frac{\left(\frac{n^2}{8} - \delta^2\right)\alpha + \delta\beta - \frac{n}{4}\gamma}{N} + \frac{\frac{n^2}{8} - \delta^2}{N} P + BQ + CR$$

$$v = \frac{\delta\left(\frac{n}{4}\gamma - \alpha\right) - \left(\frac{n^2}{8} - 1\right)}{N} \beta + A'P + \frac{\frac{n^2}{8} - 1}{N} Q + C'R$$

$$z = \frac{\frac{n}{4}\gamma - \alpha - \delta\beta}{\frac{4}{n} . N} + A''P + B''Q + \frac{1}{\left(\frac{4}{n}\right)^2 N} . R$$

$$N = \frac{n}{4}\left(\frac{n^2}{8} - \delta^2 1\right)$$

wo die ersten Glieder die wahrscheinlichen Werthe von y, v, z und die ausgeschriebenen Coefficienten die umgekehrten Werthe der Gewichte dieser Bestimmungen sind. Werden die Werthe von y, v, z in die Gleichung (3) gesetzt, so wird J gefunden,

Digitized by Google

wenn man $rm + x = o$, also $rm = -x$ setzt. Da nun nach (2)

$$\text{tang}(-x) = \text{tang}\frac{r}{m} = -\frac{v}{y} \text{ wird, so ist}$$

$$\cot J = z \pm \sqrt{(y^2 + v^2)}$$

Diese beiden Werthe entsprechen der Annahme $\cos(rm + x) = \pm 1$, d. h. den Inclinationen in den Azimuthen 0 und 180°. Nach (a) ist $i_{180^\circ} = -i'_o$ und es giebt mithin der zweite Werth die Inclination nach Umlegung der Nadel. Hat man also in der ersten Reihe $\frac{n}{2}$ Beobachtungen gemacht, so wird die Nadel umgelegt und die Reihe vollendet. Eben so wird verfahren, nachdem die Pole umgekehrt sind, so daß im Ganzen $2n$ Ablesungen vorgenommen werden. Ist ε_n der Fehler bei der Bestimmung von $\cot . i_n$, so wird

$$\sqrt{\frac{S.\varepsilon^2_n}{\frac{n}{2} - 3}} = \mu$$

der mittlere Fehler einer Bestimmung. Setzt man daher $\frac{1}{A} = p$, $\frac{1}{B'} = p'$, $\frac{1}{C''} = p''$, so wird der mittlere zu befürchtende Fehler

$$\text{von } y = \frac{\mu}{\sqrt{p}}$$

$$v = \frac{\mu}{\sqrt{p'}}$$

$$z = \frac{\mu}{\sqrt{p''}}$$

Die Rechnung wird weniger weitläufig, wenn man sich einmal für einen bestimmten Werth von m entschieden hat, weil man die in diesen Gleichungen vorkommenden Constanten berechnen und bei jeder Messung anwenden kann. Ich theile hier ihre Logarithmen für $m = 30^\circ$ und $m = 20^\circ$ nach der Berechnung von Rieß mit:

	$m = 30^\circ$	$m = 20^\circ$
$\log\left(\frac{n^2}{8} - \delta\right)$ . . .	0,6097864 . . .	0,9209874
$\log \delta$	0,5719475 . . .	0,7536812

Digitized by Google

	m = 30°	m = 20°
$\log\left(\frac{n^2}{8} - 1\right)$ . . .	1,2304489 . . .	1,5965971
log. N	0,9645142 . . .	1,5187055
$\log. \frac{4}{n} N$	0,4873929 . . .	0,8654930
$\log. \sqrt{p}$	0,1773639 . . .	0,2988590
$\log. \sqrt{p'}$	9,8670326 . . .	9,9610542
$\log. \sqrt{p''}$	0,0051358 . . .	0,1061402

Kann man gleich durch diese Methoden die Inclination der Nadel mit ziemlicher Sicherheit bestimmen, so eignen sie sich doch keineswegs zur Herleitung der täglichen Aenderungen aus einer größern Zahl von im Laufe des Tages gemachten Messungen dieses Elementes, noch weniger ist man im Stande dadurch seine öfter plötzlich eintretenden Variationen aufzufinden. Es ist eine Zeit von mehr als einer Stunde erforderlich, wenn wir eine einzige Bestimmung durch Ablesungen in verschiedenen Azimuthen vornehmen wollen; wenn sich also auch ein Beobachter entschließen wollte, sich längere Zeit hindurch vom Morgen bis zum Abend ohne Unterbrechung mit Messungen dieser Art zu beschäftigen, so würde schon der Uebelstand eintreten, daß man nicht wüßte, welchem Momente die jedesmal gefundene Größe angehöre. Sollen demnach regelmäßig Beobachtungen dieser Art fortgesetzt werden, so ist erforderlich, dem Instrumente eine solche Einrichtung zu geben, daß ein oder zwei Ablesungen genügen, die Stellung der Nadel mit Schärfe zu bestimmen. Kupffer, welchem wir eine Reihe trefflicher Untersuchungen über diesen Gegenstand verdanken, beschreibt eine Boussole dieser Art, welche Gambey verfertigt hatte [19]).

Die Nadel hat einen halben Meter Länge und die Form einer gewöhnlichen Neigungsnadel; sie trägt an beiden Enden kleine Ringe von Messing, in denen ein Faden ausgespannt ist, nach der Richtung der Länge der Nadel. Ihre Axe besteht aus einem hohlen Halbcylinder, in dessen Innerm ein dreiseitiges Prisma befestiget ist, dessen schwächste Kante mit der Axe des Cylinders so genau als möglich coincidirt; dieses Prisma ist durch ein in entgegengesetzter Richtung angebrachtes Gewicht (eine runde Platte von Messing)

19) Poggendorff's Annalen XXV, 193.

so äquilibrirt, daß der Schwerpunkt der ganzen Nadel sich ebenfalls auf der Schärfe des Prismas befindet. Um diese Coincidenz so genau als möglich feststellen zu können, ist das Prisma in der Mitte des Hohlcylinders so mit Schrauben befestigt, daß es nach allen Richtungen verschoben werden kann. Die beiden Basen des Hohlcylinders werden von zwei Messingplatten gebildet, deren jede in ihrer Mitte einen kleinen Hohlcylinder trägt; diese dienen dazu, um die Nadel auf zwei gabelförmigen Unterlagen aufheben und niederlassen zu können.

Die Nadel ruht vermittelst des eben beschriebenen Prismas auf zwei kleinen gutpolirten Achatplatten, die an einer starken Säule von Messing befestigt sind. Diese Säule erhebt sich über einer dicken Platte von Messing, welche den Fuß des Instrumentes bildet. Eine eigene Vorrichtung dient dazu, die Nadel aufheben und wieder niederlassen zu können, damit sie, wenn sie sich durch zufällige Erschütterungen des Instrumentes verschoben haben sollte, wieder auf denselben Ruhepunkt zurückgeführt werden kann. Säule und Nadel sind in einem Kasten von Holz eingeschlossen, der nur da Oeffnungen hat, wo man die Enden der Nadel beobachten soll, welche Oeffnungen mit Spiegelglas verschlossen sind.

Auf derselben Platte von Messing, welche den Fuß des Instrumentes bildet, erheben sich noch zwei Säulen, eine hohe und eine niedrige, welche beide horizontale Mikroskope tragen, welche auf die Enden der Nadel gerichtet sind; eine Linie durch beide Mikroskope gezogen, fällt mit der Neigung zusammen. Diese Mikroskope tragen ein Fadenkreuz, welches sich vermittelst einer Mikrometerschraube mit getheiltem Rande vorschieben läßt; um die ganzen Umdrehungen der Schraube bequem zählen zu können, schiebt sich mit dem Fadenkreuze zugleich ein Stift hin und her, längs einer gezahnten Platte, deren Zähne so weit von einander entfernt sind, als die Gänge der Schraube, so daß, wenn die Schraube eine ganze Umdrehung gemacht hat, der Stift von einem Zahne zum nächsten geschoben wird. Der Winkel, um welche die Neigung sich geändert hat, wenn das Fadenkreuz um eine bestimmte Zahl von Theilen fortgeschoben ist, muß durch die gewöhnlichen Methoden bestimmt werden.

Digitized by Google

Da dieses Instrument seiner Einrichtung zufolge einen unverrückbaren Stand im magnetischen Meridiane haben muß, so wird eine Verrückung des letztern eine geringe Aenderung in der Neigung hervorbringen, doch ist diese nach den Untersuchungen von Kupffer [20]) sehr unbedeutend. Bezeichnen wir nämlich mit x die Abweichung des magnetischen Meridianes von der Verticalebene, in welcher die Nadel oscillirt, mit J die wahre und mit i die durch Beobachtung gegebene Inclination, so ist

$$\cot . i = \cot . J . \cos x.$$

Da cos x sich für kleine Werthe von x nur wenig von der Einheit entfernt, so wird i für geringe Variationen der Abweichung wenig von J verschieden seyn; in Petersburg z. B. würde bei einer absoluten Neigung von etwa 71° diese bei einer Nadel, deren Verticalebene sich um einen Grad vom magnetischen Meridian entfernte, uur um 0′,2 größer werden. Auch könnte man bei gleichzeitiger Beobachtung der Declination auf diese Aenderung Rücksicht nehmen.

Die Resultate, welche Kupffer mit diesem Instrumente erlangt hat, sprechen hinreichend für seinen Werth, jedoch dürfte der hohe Preis (1000 Franken) wohl manchen Physiker hindern, sich ein solches anzuschaffen. Es wäre daher die Frage, ob man diese Variationen nicht durch ein ähnliches Verfahren, als das von Poggendorff für die Declination vorgeschlagene, messen könnte. An dem einen Ende einer Neigungsnadel wird ein Spiegel befestigt und ihre Neigung durch das von letzterm reflectirte Bild einer vertical stehenden Scale, das man in einem Fernrohre beobachtet, gemessen. Die Nadel selbst muß natürlich so genau als möglich äquilibrirt seyn, und um ihr eine größere Beweglichkeit zu geben, würde es vielleicht vortheilhaft seyn, die dünne cylindrische Axe nicht auf Achatplatten zu legen, sondern um dieselbe einen oder mehrere Coconfäden nach derselben, aber für beide Hälften übereinstimmenden, Richtung zu winden und damit die Nadel aufzuhängen: eine Vorrichtung, welche W. Weber mit vielem Erfolge bei der Construction sehr empfindlicher Waagen angewendet hat.

---

20) Poggendorff's Annalen XXV. S. 20.

Digitized by Google

Wir wenden uns zu dem dritten Elemente, der Intensität des Erdmagnetismus. Jahrhunderte hindurch waren Abweichung und Neigung bekannt, ehe letztere näher untersucht wurde. Das Verfahren [21]), welches sich hier zunächst darbot, war dasselbe, welches bei Bestimmung der Schwerkraft benutzt wurde; eine Magnetnadel oscillirte in der Horizontalebene oder in der durch den magnetischen Meridian gelegten Verticalebene, und aus der Dauer ihrer Schwingungen wurde die Stärke des Erdmagnetismus hergeleitet. Indessen die Beobachtungen, welche Graham, Mallet, Musschenbroek und andere Physiker gemacht hatten, zeigten wegen der Unvollkommenheit der Versuche gar kein Resultat. Erst Rossel und späterhin v. Humboldt verfolgten den Gegenstand mit größerer Sorgfalt, und indem sie das eben erwähnte Verfahren anwendeten, zeigte sich eine Ungleichheit dieses Elementes. Gegen dieses Verfahren hatten schon Lambert [22]) und späterhin Hansteen [23]) die Einwendung gemacht, daß die Nadel nicht wie ein Pendel in einer Horizontalebene oscillire, sondern daß ihre Endpunkte wegen der Ungleichheit des verticalen Momentes, bei verschiedenen Elongationen aus dem magnetischen Meridiane, Linien von doppelter Krümmung beschreiben. Liegt jedoch der Aufhängepunkt der Nadel bedeutend über ihrem Schwerpunkte, wie dieses gewöhnlich der Fall ist, so hat dieser Umstand gar keinen Einfluß, und späterhin hat Hansteen selbst dieses Verfahren angewendet und vielfach empfohlen. Ich will hier die von ihm angegebene Beobachtungsmethode mittheilen [24]).

Ein möglichst vollkommen gehärteter Stahlcylinder von etwa 3 Zoll Länge wird bis zur Sättigung magnetisirt und dann in eine oben mit einem Loche versehene Hülse von Messing gesteckt, in welcher er sich mit Friction verschieben läßt. In das erwähnte

21) Eine Geschichte dieser Untersuchungen giebt Hansteen in Poggendorff's Annalen XVIII, 472. und Rieß in seiner Abhandlung de telluris magnetismi mutationibus et diurnis et menstruis. 4. Berlin 1831.

22) Mémoires de Berlin 1766. p. 25. bei Riefs p. 181.

23) Hansteen Magnetismus der Erde S. 140.

24) Magazin for Naturvidenskaberne und daraus Poggendorff's Annalen III, 229 fgg.

Digitized by Google

Loch paßt ein kleiner Haken, der aus einem feinen Drahte gebogen und durch ein wenig Wachs an einem Coconfaden befestigt ist. Der etwa einen halben Fuß lange Coconfaden ist am obern Ende einer Glasröhre befestigt, welche über einem mit Glasfenstern versehenen Kästchen steht, in welchem die Nadel oscillirt. Auf dem Boden dieses Kästchens befindet sich ein getheilter Horizontalkreis, dazu bestimmt, die Weite der Oscillationen zu messen; die Mitte der Nadel muß daher genau über dem Mittelpunkte des letztern stehen, was man durch drei an dem Kästchen als Füße angebrachte Stellschrauben erreicht. Ein in dem Kästchen befindliches Thermometer dient zur Messung der Temperatur des Cylinders.

Bei der Beobachtung wird der Kasten so aufgestellt, daß der Nullpunkt des getheilten Kreises im magnetischen Meridiane liegt, und hierauf die Nadel durch ein in die Nähe gehaltenes Stück Eisen aus dem Meridiane entfernt. Es beginnt eine Reihe von Oscillationen, wobei man nur dafür sorgen muß, daß der Coconfaden stets unverrückt in der Verticale hänge. In dem Momente, wo die erste Oscillation beginnt, wird die Zeit aufgezeichnet, und dieses geschieht bei jeder folgenden zehnten Schwingung. Hansteen empfiehlt es, auf diese Art 360 Oscillationen zu beobachten, daraus aber die Dauer von 300 herzuleiten, indem man das Intervall von 0 bis 300, von 10 bis 310.... und von 60 bis 360 aufsucht und aus diesen 7 Werthen das Mittel nimmt. Stellt man dann mit derselben Nadel Beobachtungen an verschiedenen Orten der Erde an, so verhält sich das horizontale Moment des Erdmagnetismus wie die Quadratwurzel aus der zu 300 Schwingungen erforderlichen Zeit.

Diese unmittelbar durch Beobachtungen gegebenen Größen sind indessen nur dann unter sich vergleichbar, wenn wir bei derselben Nadel stets mit derselben Schwingungsweite beginnen und enden; in allen übrigen Fällen bedürfen sie einer Correction, weil nach den Gesetzen der Pendelschwingungen letztere nur dann isochronisch sind, wenn sie in unendlich kleinen Bögen gemacht werden. Es ist dieses um so nöthiger, da die Erfahrungen von Arago erwiesen haben, daß alle Körper, namentlich die Metalle, des Magnetismus fähig sind, und daß die Schwingungsweite sich desto schneller vermindert, je näher die Nadel am Bo-

Digitized by Google

den des Kastens befindlich ist. Hansteen hat bereits die wegen dieses Umstandes erforderliche Correction entwickelt [25]). Ist nämlich e die Größe der Elongation, t die Zeit einer Schwingung in einem unendlich kleinen Bogen, t_1 die Zeit einer Schwingung durch den Bogen 2e, so ist nach der Pendaltheorie

$$t_1 = t\left\{1+\left(\frac{1}{2}\right)^2.\sin^2\frac{e}{2}+\left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2\sin^4\frac{e}{2}+\ldots.\right\}$$
$$= t\,(1+R)$$

Je größer also die Weite ist, desto mehr Zeit wird zu einer Schwingung erfordert. Sind nun e_0, e_1, e_2.... e_n die auf einander folgenden Weiten, und bezeichnen wir die entsprechenden Werthe der Summe R mit R_0, R_1, R_2 .... R_n und die Summe dieser Größen $= \Sigma(R)$, die Zeit von n Schwingungen, welche mit der Elongation e_0 anfingen, und mit e_n endeten, mit $\Sigma(t_1) = T$, so ist

$$T = t\left\{n+\Sigma(R)\right\}$$

oder $$t = \frac{T}{n+\Sigma(R)}$$

Nun bilden die auf einander folgenden Bögen e_0, e_1 .... eine geometrische Reihe, es ist also

$$\frac{e_1}{e_0} = \frac{e_2}{e_1} \ldots \quad \ldots\frac{e_n}{e_{n-1}} = m$$

wo m ein echter, wenig von 1 verschiedener Bruch ist. Leiten wir den nten Schwingungsbogen aus dem ersten her, so wird

$$e_n = m^n.e_0$$

Es wird demnach

$$\Sigma(R =$$
$$\frac{1}{4}\left\{\sin^2\frac{e}{2}+\sin^2\frac{me}{2}+\sin^2\frac{m^2e}{2}+\ldots+\sin^2\frac{m^{n-1}e}{2}\right\}$$
$$+\frac{9}{64}\left\{\sin^4\frac{e}{2}+\sin^4\frac{me}{2}+\sin^4\frac{m^2e}{2}+\ldots+\sin^4\frac{m^{n-1}e}{2}\right\}$$
$$+\frac{25}{256}\left\{\sin^6\frac{e}{2}+\sin^6\frac{me}{2}+\sin^6\frac{m^2e}{2}+\ldots+\sin^6\frac{m^{n-1}e}{2}\right\}$$
$$+\ldots\ldots\ldots\ldots$$

25) Poggendorff's Annalen III, 169.

Digitized by Google

Verwandeln wir hier die Sinus in Reihen und lassen die höheren Potenzen weg, weil diese erst zum Theil in der 5ten oder 6ten Decimalstelle Einfluß haben, so verwandelt sich der eben entwickelte Ausdruck in

$$\Sigma(R) = \tfrac{1}{4}\cdot\frac{e^2}{4}\left(1+m^2+m^4+\ldots\ldots+m^{2n-2}\right)$$
$$-\tfrac{1}{4}\cdot\frac{e^2}{48}\left(1+m^4+m^8+\ldots\ldots+m^{4n-4}\right)$$
$$+\frac{9}{64}\cdot\frac{e^4}{16}\left(1+m^4+m^8+\ldots\ldots+m^{4n-4}\right)$$
$$=\left(\frac{e}{4}\right)^2\cdot\frac{1-m^{2n}}{1-m^2}+\frac{11}{12}\left(\frac{e}{4}\right)^4\cdot\frac{1-m^{4n}}{1-m^4}$$

und nach Substitution dieses Werthes wird

$$T = t\left\{n+\left(\frac{e}{4}\right)^2\cdot\frac{1-m^{2n}}{1-m^2}+\frac{11}{12}\left(\frac{e}{4}\right)^2\cdot\frac{1-m^{4n}}{1-m^4}\right\}$$

Ist nun T_x die Zeit der n Schwingungen von der 1sten gerechnet, so findet sich T_x dadurch, daß man in die übrigen Ausdrücke $m^r e$ statt e substituirt; dadurch wird

$$T_x = t\left\{n+\left(\frac{m^r e}{4}\right)^2\cdot\frac{1-m^{2n}}{1-m^2}+\frac{11}{12}\left(\frac{m^r e}{4}\right)^4\cdot\frac{1-m^{4n}}{1-m^4}\right\}$$

$$T - T_x =$$

$$t\left\{\left(1-m^{2r}\right)\cdot\left(\frac{e}{4}\right)^2\cdot\frac{1-m^{2n}}{1-m^2}+\frac{11}{12}\left(1-m^{4r}\right)\left(\frac{e}{4}\right)^4\cdot\frac{1-m^{4n}}{1-m^4}\right\}$$

Wegen der möglichen Fehler ist es nach Hansteen vortheilhaft, die Beobachtungen erst bei $e = 20^0$ anzufangen. Zu bemerken ist noch, daß e in Theilen des Halbmessers ausgedrückt werden muß.

In den entwickelten Ausdrücken muß noch der Factor m bestimmt werden, da die übrigen Größen durch unmittelbare Beobachtungen gegeben sind. Man beobachtet deshalb eine Reihe von Oscillationen und indem man z. B. für jede zehnte Schwingung den Bogen aufzeichnet, wird m gefunden. Man sieht leicht ein, daß sein Werth von der Form und dem Gewichte des Cylinders, der Form der Hülse und der Dichtigkeit der Luft abhänge, und daß er also für verschiedene Cylinder ungleich seyn müsse. Indes-

Digitized by Google

sen hat ihn Hansteen bei verschiedenen Cylindern, deren Dimensionen doch nicht völlig dieselben waren, beständig zwischen den Gränzen 0,9922 und 0,9930 gefunden. Man kann also die obige Gleichung für T so einrichten, daß man sich zur bequemen Berechnung allgemeine Tabellen entwerfen kann. Ist nämlich die Elongation e am Anfange des Versuches gleich μ Graden, so ist

$$\left(\frac{e}{4}\right)^2 = \mu^2\left(\frac{1^0}{4}\right) = \mu^2 . 0{,}000019039 = \mu^2 . \alpha$$

Wird nun gesetzt

$$\left(\frac{e}{4}\right)^2 \cdot \frac{1-m^{2n}}{1-m^2} = \mu^2 . \alpha \cdot \frac{1-m^{2n}}{1-m^2} = A\mu^2$$

so ist

$$\frac{11}{12}\left(\frac{e}{4}\right)^4 \cdot \frac{1-m^{4n}}{1-m^4} = \frac{11}{12} \cdot \frac{1+m^{2n}}{1+m^2}\alpha . A\mu^4 = AB\mu^4$$

folglich

$$T = t\,(n + A\mu^2 + AB\mu^4)$$

Wenn man nach Hansteen's Methode jede 10te (pte) Schwingung beobachtet und im Mittel von 7 (r) verschiedene Werthen von 300 (n) Schwingungen nimmt, nämlich zwischen 0 und 300, 10 und 300 u. s. w., so sollte man, wenn man genau verfahren wollte, eigentlich in der obigen Formel statt μ^2 zu setzen:

$$\frac{1}{7}\mu^2\left(1 + m^{20} + m^{40} + m^{60} + m^{80} + m^{100} + m^{120}\right)$$
$$= \frac{1}{7}\mu^2 \cdot \frac{1-m^{140}}{1-m^{20}}$$

und statt μ^4

$$\frac{1}{7}\mu^4 \cdot \frac{1-m^{280}}{1-m^{40}}$$

Oder im Allgemeinen, wenn man jede pte Schwingung beobachtet, und T bedeutet ein Mittel aus r verschiedenen Zeiten von n Schwingungen zwischen der 0ten und der $(n+r-1)$ten; so ist

$$T = t\left\{n + A\mu^2 \cdot \frac{1-m^{2rp}}{r\,(1-m^{2p})} + AB\mu^4 \cdot \frac{1-m^{4rp}}{r\,(1-m^{4p})}\right\}$$

Ist aber r eine kleine Zahl und die erste Elongation nicht sehr groß, so kann man ohne merklichen Fehler für μ die zur mittlern $\left(\frac{rp}{2}\right)$ Schwingung gehörige Elongation $= \mu . m^{\frac{(r-1)p}{2}}$ setzen.

Digitized by Google

Die beiden folgenden Tabellen enthalten log. A und log. B für verschiedene Werthe von m und n; wird der Werth von m nicht in der Tabelle gefunden, so läßt sich der zugehörige Werth von log. A durch eine leichte Interpolation aus den zunächst liegenden Größen herleiten.

Logarithmen des Factors A.

Werthe von m.

n	0,9910	0,9915	0,9920	0,9925	0,9930	0,9935	0,9940
100	6,9486	6,9641	6,9800	6,9962	7,0127	7,0296	7,0468
150	6,9965	7,0161	7,0364	7,0572	7,0788	7,1010	7,1238
200	7,0145	7,0365	7,0594	7,0832	7,1071	7,1319	7,1608
210	7,0165	7,0388	7,0621	7,0864	7,1114	7,1381	7,1656
220	7,0181	7,0408	7,0644	7,0891	7,1148	7,1417	7,1699
230	7,0195	7,0424	7,0663	7,0913	7,1175	7,1449	7,1736
240	7,0206	7,0438	7,0680	7,0933	7,1199	7,1477	7,1769
250	7,0216	7,0449	7,0694	7,0950	7,1219	7,1501	7,1798
260	7,0224	7,0459	7,0705	7,0964	7,1236	7,1522	7,1823
270	7,0230	7,0467	7,0715	7,0976	7,1251	7,1541	7,1846
280	7,0236	7,0474	7,0724	7,0987	7,1265	7,1557	7,1866
290	7,0240	7,0480	7,0731	7,0996	7,1276	7,1571	7,1883
300	7,0244	7,0484	7,0737	7,1004	7,1286	7,1583	7,1899

Logarithmen des Factors B.

Werthe von m = 0,99.

n	10	15	20	25	30	35	40
100	5,011	5,017	5,024	5,031	5,039	5,048	5,057
150	4,973	4,977	4,982	4,987	4,994	5,000	5,010
200	4,956	4,959	4,961	4,965	4,969	4,974	4,981
220	4,953	4,954	4,956	4,960	4,963	4,968	4,973
240	4,950	4,952	4,954	4,956	4,959	4,962	4,967
260	4,949	4,951	4,951	4,953	4,955	4,958	4,962
280	4,947	4,948	4,949	4,950	4,952	4,955	4,958
300	4,946	4,947	4,948	4,949	4,950	4,952	4,955

Gesetzt, es sey $n = 280$, $m = 0{,}993$ und $\mu = 25°$, so ist

$\log. A = 7{,}1265$

$n \log. 25 = 2{,}7959$

$9{,}9224 \ldots = 0{,}8362 \quad (n = 280)$

$\log. B = 4{,}952$

$\log. A + \log. 25 + \log. B = 7{,}670 \ldots = 0{,}0047$

Reductionsfactor $= 280{,}8409$

also $T = t \cdot 280{,}8409$.

Digitized by Google

Aehnliche Untersuchungen über die Correction wegen der Weite sind von Clausen angestellt worden, und er giebt die zur leichtern Berechnung erforderlichen Tafeln [26]), indessen scheinen diese nach den Bemerkungen von Rieß [27]) nicht die Genauigkeit zu geben, als die von Hansteen mitgetheilten.

Endlich bedürfen diese sämmtlichen Messungen noch einer Correction wegen der Temperatur des Stabes. Hansteen hatte letztere bei seinen ersten Bestimmungen ganz übersehen, aber Biot [28]) machte bald nachher auf letztere aufmerksam, und späterhin haben alle Beobachter das Erforderniß derselben erkannt. Wird nämlich die Wärme eines Magnetstabes geändert, so ändert sich damit sein Magnetismus, und es ist also die zu einer Schwingung erforderliche Zeit von derjenigen verschieden, welche bei einer andern Temperatur Statt gefunden hätte. Wird der Stab nach dem Magnetisiren erwärmt, so besteht die Einwirkung der Erwärmung nach den auch von andern Physikern bestätigten Versuchen von Moser und Rieß [29]) in einem bleibenden Verluste und einem von dem Thermometerstande abhängigen veränderlichen Theile. Man muß erstern dadurch entfernen, daß man die Magnetnadel bis zu Temperaturen erwärmt, welche höher sind, als diejenigen, denen das Instrument in der Folge ausgesetzt ist. Hierauf wird die Nadel successive erwärmt und jedesmal die Temperatur, so wie die zu einer Schwingung erforderliche Zeit beobachtet. Ist dann T die Dauer derselben bei der Temperatur t, T_x die bei der Temperatur t_x, so ist

$$T = T_1 \{1 - a(t_1 - t)\}$$

wo a ein für jede Nadel zu bestimmender constanter Factor ist.

Obgleich sich das eben betrachtete Verfahren recht gut dazu eignet, die Aenderungen der Intensität des Erdmagnetismus im Laufe des Tages oder des Jahres zu untersuchen, so treten seiner allgemeinen Anwendbarkeit doch manche Schwierigkeiten entgegen. Da die Kraft einer Nadel weder durch ihre Form noch nur den ohne-

26) Schumacher astron. Nachr. V, 9.

27) Riefs de telluris magnetismi mutationibus p. 31.

28) Biot Précis de physique II, 111.

29) Poggendorff's Annalen XVII, 403.

Digitized by Google

ohnehin schwer zu bestimmenden Grad der Härtung im Voraus angegeben werden kann, so müssen die Nadeln, mit denen an verschiedenen Punkten der Erde Messungen vorgenommen werden sollen, unmittelbar mit einander verglichen werden, und wir treffen hier also auf denselben Uebelstand, welcher sich der Bestimmung der Temperatur entgegenstellte, ehe man die Scale mit Hülfe zweier fester Punkte verfertigte. Wenn gleich diese Schwierigkeit durch den Fleiß der Beobachter gehoben werden kann, so läßt uns diese Methode doch im Stiche, wofern es darauf ankommt, die Variationen dieses Elementes im Laufe der Jahrhunderte zu bestimmen. Finden wir etwa nach einigen Jahren, daß die Nadel zu derselben Anzahl von Schwingungen eine längere Zeit erfordere, so bleibt doch noch immer die Frage, ob dieses von einer Abnahme in der Intensität des Erdmagnetismus herrühre, oder ob nicht etwa die Nadel an Kraft verloren habe; und daß der letztere Umstand fast immer eintrete, das haben die Erfahrungen aller Beobachter bewiesen. Nur dann, wenn die Oscillationen schneller werden, kann man auf eine wirkliche Zunahme dieser Intensität schließen, obgleich es auch hier wahrscheinlich ist, daß diese Verstärkung wegen der zuletzt genannten Ursache geringer erscheint, als sie wirklich ist.

Wenn demnach die Oscillationsmethode auch zweckmäßig ist, um die Beschaffenheit der Intensität in kleineren Perioden zu untersuchen, so bedarf es doch einer Methode, die Stärke der Nadel selbst von Zeit zu Zeit zu prüfen, oder die absolute, von der Beschaffenheit der Nadel unabhängige Summe der magnetischen Kräfte der Erde aufzufinden. Wegen der Ungleichheit in der chemischen Zusammensetzung und der Härte des Stahles hielt Biot es für unmöglich, Nadeln zu verfertigen, welche zur Lösung dieses Problemes dienen könnten [30]), und er empfahl deshalb Nadeln aus Mischungen von Wachs und Eisendeutoxyd in bestimmten Verhältnissen, daraus vollkommen gleiche Nadeln zu verfertigen und bis zur Sättigung zu magnetisiren. Ob damit umfassende Untersuchungen gemacht seyen, ist mir unbekannt, indessen die Arbeiten von Hansteen haben die großen Schwierig-

30) Biot Précis II, 113.

keiten bei diesem Probleme gezeigt [31]). Als er nämlich aus demselben Stücke Stahl Nadeln von gleichen Dimensionen verfertigen und gleichzeitig härten ließ, so zeigte sich in ihrer Stärke eine bedeutende Verschiedenheit; finden wir also hier, wo alle Umstände eine große Uebereinstimmung zeigen, so große Ungleichheiten, so ist es wahrscheinlich, daß wir etwas Aehnliches bei jenen künstlichen Nadeln von Biot treffen werden, zumal da wir nie scharf angeben können, wann Nadeln bis zur Sättigung magnetisirt sind. In der Folge schlug Arago vor [32]), die Ablenkung zu messen, welche durch eine unter der Nadel schnell rotirende Metallscheibe erzeugt wird, indessen hat er sein Verfahren nicht weiter entwickelt.

Weit zweckmäßiger ist der Vorschlag von Poisson, zwei Nadeln anzuwenden [33]). Es werden zuerst die Oscillationen von jeder einzeln beobachtet; darauf wird die eine in der Nähe der zweiten oscillirenden befestigt, und indem man so in verschiedenen Distanzen beobachtet, wird die Stärke der Nadeln bei der Berechnung eliminirt, wodurch man für die Intensität des Erdmagnetismus eine von den Nadeln unabhängige Größe erhält. Jedoch waren die von ihm gegebenen Ausdrücke nicht sehr bequem zur Berechnung eingerichtet. Deshalb verfolgten Moser und Rieß diese Aufgabe gemeinschaftlich [34]), aber sie stießen ebenfalls auf viele Schwierigkeiten, wohin namentlich die Reduction auf unendlich kleine Bögen gehörte, da die oben entwickelten Ausdrücke nur dann gültig sind, wenn die Kräfte nach parallelen Richtungen wirken. In der Folge untersuchte Moser [35]) den Gegenstand nochmals, und obgleich er die Ausdrücke in schnell convergirende Reihen verwandelte, so war er doch überzeugt, daß es zweckmäßiger sey, die durch einen festen Magneten bewirkte Ablenkung der Nadel zu messen [36]); ein Verfahren, welches auch

31) Poggendorff's Annalen III. 236.

32) Daf. V, 535 aus den Annales de chimie XXX, 263.

33) Annales de chimie XXX, 257. und Connoissance des temps für 1828.

34) Poggendorff's Annalen XVIII, 226. und XIX, 161.

35) Daf. XXV, 223.

36) Daf. S. 237.

Digitized by Google

von Hansteen [37]) vorgeschlagen und von Christie [38]) mehrfach angewendet war, jedoch hat Moser die nähere Lösung dieser Aufgabe nur kurz berührt [38a]).

Unsere Kenntnisse dieses Gegenstandes sind vorzüglich durch Gauß vermehrt worden [39]). Nicht blos construirte er Apparate, wodurch er den directen Messungen eine Schärfe geben konnte, wie sie bis dahin kaum bekannt war, sondern er gab auch einfache Methoden an, durch zweckmäßige Combinationen zweier Magnete die Intensität zu finden, und selten sind unsere Kenntnisse, nicht blos des Erdmagnetismus, sondern des Magnetismus überhaupt, so gefördert worden, als durch die eben erwähnte Arbeit. Ich will hier in der Kürze das von ihm entwickelte Verfahren, aus der durch einen festen Magneten bewirkten Winkelablenkung eines beweglichen, die Intensität des Erdmagnetismus abzuleiten, mittheilen.

Wir können die Wirkung einer gegebenen Menge von magnetischer Flüssigkeit auf eine andere gegebene Menge vergleichen mit einer gegebenen bewegenden Kraft, d. h. mit der Wirkung einer gegebenen beschleunigenden Kraft auf eine gegebene Masse, und dadurch werden wir in den Stand gesetzt, die magnetischen Flüssigkeiten zu messen. Als Einheit der beschleunigenden Kräfte können wir die Schwerkraft am Beobachtungsorte ansehen, und wir können diejenige beschleunigende Kraft $= 1$ setzen, welche innerhalb der Zeiteinheit in der Schnelligkeit des in der Richtung dieser Kraft sich bewegenden Körpers die Veränderung Eins hervorbringt. Die Einheit der nördlichen Flüssigkeit ist also diejenige, deren Abstoßungskraft auf die andere ihr gleiche in der Entfernung $= 1$ gleich kommt der beschleunigenden Kraft $= 1$, d. h. der Wirkung der beschleunigenden Kraft $= 1$ auf die Masse $= 1$. Dabei denken wir uns die magnetischen Flüssigkeiten in physischen Punkten concentrirt. Die Wirkung der

37) Magnetismus der Erde S. 140.

38) Philos. Trans. 1823.

38a) Poggendorff's Annalen XXXIV, 70.

39) C. F. Gauß intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata. 4. Göttingen, 1833, übersetzt in Poggendorff's Annalen XXVIII, 241 u. 591. Eine Darstellung dieses Verfahrens ohne Anwendung der Mathematik befindet sich in Schumacher's Jahrbuch für 1836. S. 1—47 von Gauß.

Menge m der nördlichen Flüssigkeit auf die Menge m' in der Distanz r ist also bei Berücksichtigung des bekannten, auch von Gauß bestätigten Gesetzes für die Abnahme der Kraft mit der Entfernung, $\frac{mm'}{r^2}$ oder gleich der in der Richtung von der ersten zur zweiten wirkenden bewegenden Kraft $\frac{mm'}{r^2}$. Wir bestimmen darnach die Intensität des Erdmagnetismus durch die bewegende Kraft, welche er auf die Einheit der freien Flüssigkeit in einem gehärteten und magnetisirten Stahlstabe ausübt.

Wir denken uns einen Magneten in unendlich kleine Theile getheilt und dm als das Element des freien Magnetismus in dem Theilchen, dessen Coordinaten in Bezug auf drei rechtwinklige und gegen den Körper feste Ebenen durch x, y, z bezeichnet werden; wir betrachten ferner die Elemente der nördlichen Flüssigkeit als positiv, die der südlichen als negativ. Da ein Körper der Erfahrung zufolge eben soviel nördliches als südliches Fluidum enthält, so ist für den ganzen Körper $\int dm = 0$. Wir setzen nun $\int x\,dm = X$, $\int y\,dm = Y$, $\int z\,dm = Z$. Ist a eine willkührliche Constante, so wird $\int (x - a)\,dm = X$ und das Moment in Bezug auf eine gegebene Axe hängt also nur von ihrer Richtung, nicht von ihrem Anfange ab. Ziehen wir nun durch den Anfangspunkt der Coordinaten eine vierte Axe, welche mit der frühern die Winkel A, B, C macht, so wird das Moment von dm in Beziehung auf diese Axe gleich

$$(x \cos A + y \cos B + z \cos C)\,dm$$

und das Moment des freien Magnetismus in dem ganzen Körper

$$X \cos A + Y \cos B + Z \cos C = V.$$

Ziehen wir eine fünfte Axe, welche mit den drei ersten die Winkel α, β, γ und mit der vierten den Winkel ω bildet, und setzen $\sqrt{(X^2 + Y^2 + Z^2)} = M$, $X = M \cos \alpha$, $Y = M \cos \beta$ und $Z = M \cos \gamma$, so wird

$$\cos \omega = \cos A \cos \alpha + \cos B \cos \beta + \cos C \cos \gamma$$
$$V = M \cos \omega.$$

Diese fünfte Axe heißt die magnetische und ihre Richtung ist auf den positiven Werth der Wurzelgröße $\sqrt{(X^2 + Y^2 + Z^2)}$ bezogen. Hier wird $M = V$, wenn die vierte und fünfte Axe zusammenfallen.

Digitized by Google

Auf jedes magnetische Theilchen dm wirke die bewegende Kraft Pdm in der Richtung D. Es seyen ferner A und B zwei in der Richtung der magnetischen Axe liegende Punkte des Körpers und ihre Entfernung $= r$, welche wir als positiv ansehen, wenn die magnetische Axe von A gegen B strebt, so ist klar, daß, wenn man diesen Kräften zwei neue $\frac{PM}{r}$ hinzufügt, die eine auf A in der Richtung D, die zweite auf B in entgegengesetzter Richtung wirkend, noch immer Gleichgewicht vorhanden bleibt. Deshalb sind die früheren Kräfte gleich $\frac{PM}{r}$, wovon eine auf B nach der Richtung D, die andere auf A entgegengesetzt wirkt. Wirkt außer der Kraft P eine andere ähnliche P′ in der Richtung D′ auf die magnetischen Flüssigkeiten des Körpers, so können wir dafür eben so zwei andere auf A′ und B′ wirkende Kräfte substituiren, wofern diese beiden Punkte auf der Axe liegen. Setzen wir $A'B' = r$, so sind diese Kräfte $\frac{P'M}{r'}$.

Zerlegen wir den Erdmagnetismus in das horizontale Moment T und das verticale T′ und wollen wir letzteres durch zwei andere auf A′ und B′ wirkende Kräfte ersetzen, so legen wir A′ in den Schwerpunkt des Körpers und setzen $\frac{T'M}{p} = r'$, wo p das Gewicht des Körpers bezeichnet. Dadurch ist T′ zerfällt in die auf A′ von unten nach oben wirkende Kraft p und in eine andere eben so große auf B′ von oben nach unten wirkende. Da erstere von der Schwere aufgehoben wird, so läßt sich die Wirkung der verticalen Kraft des Erdmagnetismus auf eine Verschiebung des Schwerpunktes von A′ nach B′ zurückführen.

Sehen wir nun einen Punkt C eines beweglichen magnetischen Körpers als fest an, so muß die Ebene, welche durch C, den Schwerpunkt und die magnetische Axe geht, zusammenfallen mit dem magnetischen Meridiane; außerdem aber müssen die Momente gleich seyn, mit denen die erdmagnetische Kraft und die Schwere die Ebene um C zu drehen streben. Ist also i die Inclination und T der horizontale Theil des Erdmagnetismus, so ist TM sin i gleich dem Producte aus dem Gewichte des Körpers in die Entfernung des verschobenen Schwerpunktes B′ von der durch C gelegten Verticale. Wäre der Körper um diese Verticale schon so

Digitized by Google

bewegt, daß die magnetische Axe in eine Verticalebene käme, deren magnetisches Azimuth = u wäre, so dreht der Erdmagnetismus den Körper mit der Kraft TM cos i sin u um die verticale Axe und es beginnen nun Oscillationen. Bezeichnet K das Trägheitsmoment des Körpers in Bezug auf die Oscillationsaxe, so wird die Zeit einer unendlich kleinen Oscillation

$$\pi\sqrt{\frac{K}{TM.\cos i}} = t \text{ und } TM = \frac{\pi^2 K}{t^2 \cos i}$$

oder wenn der Körper horizontal hängt

$$TM = \frac{\pi^2 K}{t^2}$$

Sieht man die Schwere als Einheit der beschleunigenden Kräfte an, so muß man diesen Werth durch $\pi^2 l$ dividiren, wo l die Länge des einfachen Secundenpendels am Beobachtungsorte bezeichnet. Dann erhalten wir für horizontale Oscillationen

$$TM = \frac{K}{t^2 l}$$

Hängt die horizontale Nadel an einem Seidenfaden, so vermindert dessen Torsion die freie Bewegung der Nadel und die Zeit einer Oscillation. Ist der Faden ganz ungedreht und befindet sich dabei die Nadel im magnetischen Meridiane, so sind zwei zusammengehörige Durchmesser von jenem unter sich parallel, und wir wollen annehmen, daß sie mit dem magnetischen Meridiane zusammenfallen. Wir wollen annehmen, das obere Ende werde um die verticale Axe gedreht, so macht sein Durchmesser mit dem magnetischen Meridiane den Winkel v, mit der magnetischen Axe der Nadel den Winkel u, und darnach ist die Drehkraft den Versuchen Coulomb's zufolge proportional mit v — u; die Kraft, welche u und v gleich zu machen sucht, hat also das Moment $(v - u)\vartheta$. Das Moment, mit welchem die magnetische Kraft der Erde den Winkel u zu verkleinern sucht, ist TM sin u, und wir erhalten also für das Gleichgewicht den Ausdruck

$$(v - u)\vartheta = TM \sin u$$

oder, da u klein ist,

$$(v - u)\vartheta = TMu; \quad \frac{v}{u} = \frac{TM}{\vartheta} + 1$$

Digitized by Google

wo wir den Werth $\frac{TM}{\vartheta} = n$ dadurch finden können, daß wir das obere Ende des Fadens herumdrehen und die gleichzeitig stattfindenden Werthe von u beobachten. Durch Einwirkung dieser Kraft werden die täglichen Variationen einer solchen Nadel vermindert in dem Verhältnisse $1 : \frac{n}{n+1}$ und die Zeit einer unendlich kleinen Oscillation in dem Verhältnisse $1 : \sqrt{\frac{n}{n+1}}$.

Es kommt nun darauf an, die Größen T, M, K einzeln zu bestimmen. Um zunächst die Größe K schärfer zu finden, als es durch geometrische Methoden möglich seyn würde, ist es zweckmäßig, zuerst die Oscillationen der Nadel einzeln zu beobachten und sodann diese Messung zu wiederholen, nachdem man in bekannten Entfernungen von dem Drehpunkte bekannte Gewichte befestigt hat. Gauß verbindet deshalb mit der Nadel eine hölzerne Querleiste, an der zwei gleiche Gewichte hängen, die durch scharfe Spitzen auf die Leiste in den Punkten A und B drücken; beide sind auf der Axe der Nadel gleich weit vom Drehpunkte entfernt. Ist nun p die Masse eines jeden Gewichtes, $AB = 2r$, so wird das Moment K durch Hinzufügung dieser Größe vermehrt, um $C + 2pr^2$, wo C das Aggregat des Trägheitsmomentes der Leiste in Bezug auf den Drehpunkt und der Momente der Gewichte in Bezug auf die verticalen durch die Spitzen und die Schwerpunkte gehenden Axen ist. Beobachtet man die Oscillationen der unbelasteten Nadel und der belasteten für verschiedene r und die Schwingungszeiten t, so wird

$$TMtt = \pi^2 K$$
$$TMt't' = \pi^2 (K + C + 2pr'r')$$
$$TMt''t'' = \pi^2 (K + C + 2pr''r'')$$

woraus sich TM, K und C ergeben. Vortheilhaft ist es dabei, die Oscillationen für mehrere r zu beobachten und aus den entsprechenden Zeiten t', t'' .... durch die Methode der kleinsten Quadrate zwei Unbekannte x und y so zu bestimmen, daß den Gleichungen

$$t' = \sqrt{\frac{r'r' + y}{x}}, \quad t'' = \sqrt{\frac{r''r'' + y}{x}} \text{ u. s. w.}$$

Digitized by Google

genügt werde. Dann ist

$$TM = 2\pi^2 px, \quad K + C = 2py.$$

Die Schwingungen mit der unbelasteten Nadel geben dann den Werth von K.

Um die Größe $\frac{M}{T}$ zu bestimmen, ist es zweckmäßig die Ablenkung zu beobachten, welche ein beweglicher Magnetstab erleidet, in dessen Nähe ein zweiter fest aufgestellt wird. In diesem Falle muß die Summe der Producte aus den einzelnen Kräften in die unendlich kleine Bewegung des Punktes, auf welchen eine jede Kraft wirkt, auf deren Richtung projicirt so beschaffen seyn, daß sie für keine virtuelle, d. h. mit den allgemeinen Bedingungen, denen die Bewegung des Körpers unterworfen ist, vereinbare Bewegung einen positiven Werth erhalten kann, so daß, welche virtuellen Bewegungen auch in den entgegengesetzten Theilen irgendwo möglich sind, dieses Product welches wir mit $d\Omega$ bezeichnen wollen, für jede virtuelle Bewegung gleich Null sey. Wenn sich also ein Punkt G einer Magnetnadel an einem drehbaren Faden befindet, so betrachten wir nur diejenige virtuelle Bewegung, welche eine Drehung um diese Axe bewirkt und den Punkt von N gegen O um den Winkel u forttreibt.

Ist also das Volumen der beweglichen Nadel in unendlich kleine Elemente getheilt, deren Coordinaten x, y und z sind und von denen jedes den freien Magnetismus e besitzt, so können wir den Anfangspunkt der Coordinaten in der Axe h in einen Punkt verlegen, welcher in der durch G gegangenen Verticale liegt. Es werde x im magnetischen Meridiane nach Norden und y darauf senkrecht nach Osten gerechnet. In diesem Falle erzeugt die Wirkung des Erdmagnetismus auf das Element e den Theil $Tedx$ von $d\Omega$.

Eben so seyen bei der ruhenden Nadel die Coordinaten X, Y und Z und E der freie Magnetismus; ferner

$$r = \sqrt{\{(X-x)^2 + (Y-y)^2 + (Z-z)^2\}}$$

so ist $\frac{eEdr}{r^n}$ die Wirkung von E auf e, wo n die Potenz angiebt, von welcher die Aenderung der Intensität mit der Entfernung abhängt.

Digitized by Google

Ist N der Werth von u, welcher der Detorsion des Fadens entspricht, so wird das Moment der Torsionskraft $\vartheta(N-u)\,du$; also

$$d\Omega = \Sigma T e dx + \Sigma \frac{eE dr}{r^n} + \vartheta(N-u)\,du$$

Die Bedingung des stabilen Gleichgewichtes besteht also darin, daß

$$\Omega = \Sigma T e x - \Sigma \frac{eE}{(n-1)\,r^{n-1}} - \tfrac{1}{2}\vartheta(N-u)^2$$

ein Maximum werde.

Wir wollen jetzt annehmen, daß sich die magnetischen Axen beider Nadeln in der Horizontalebene befinden. Schneiden sich die Coordinatenebenen der ersten Nadel in einem Punkte h, so seyen a, b, c die Coordinaten des Punktes e. In der zweiten Nadel sey ein ähnlicher Punkt H nahe in der Mitte gewählt und es seyen A, B, C die Coordinaten des Punktes E. Wir wollen den Punkt H auf einen willkührlichen dicht neben h liegenden Punkt h' beziehen, dessen Coordinaten wir mit α, β, C bezeichnen wollen. Wir setzen $h'H = R$ und den Winkel, welchen h'H mit dem magnetischen Meridiane macht, gleich ψ. Ist nun U der Winkel, welchen die Axe der zweiten Nadel mit dem magnetischen Meridiane macht, so ist

$$x = a\cos u - b\sin u$$
$$y = a\sin u + b\cos u$$
$$z = c$$
$$X = \alpha + B\cos\psi + A\cos U - B\sin U$$
$$Y = \beta + R\sin\psi + A\sin U + B\cos U$$
$$Z = C$$

Es wird demnach

$$\Sigma T e x = T\cos u\,.\,\Sigma a e - T\sin u\,\Sigma b e = mT\cos u$$

wenn wir Σae, d. h. das Moment des freien Magnetismus der ersten Nadel mit m bezeichnen, da $\Sigma\,.\,be = 0$ ist; der Theil von $\frac{d\Omega}{du}$, welcher aus dem ersten Gliede von Ω entspringt, wird also gleich $-mT\sin u$. Setzen wir

$$k = \alpha\cos\psi + \beta\sin\psi + A\cos(\psi - U) + B\sin(\psi - U) - a\cos(\psi - u) - b\sin(\psi - u)$$

Digitized by Google

$$l = \{\alpha \sin\psi - \beta\cos\psi - A\sin(\psi - U) - B\cos(\psi - U) - a\sin(\psi - u) + b\cos(\psi - u)\}^2 + (C - c)^2$$

so wird $$r^2 = (R + k)^2 + l$$

Da R weit größer ist als die Dimensionen der Nadel, so läßt sich $\frac{1}{r^{n-1}}$ in die Reihe

$$R^{-(n-1)} - (n-1)kR^{-n} + \left(\frac{n^2-n}{2}k^2 - \frac{n-1}{2}l\right)R^{-(n+1)} - \left\{\tfrac{1}{6}(n^3-n)k^3 - \tfrac{1}{2}(n^2-1)kl\right\}R^{-(n+2)} + \ldots\ldots$$

entwickeln. Die einzelnen Glieder der Summe $\Sigma\frac{eE}{r^{n-1}}$, welche aus der Substitution der Größen k und l hervorgehen, schließen einen Factor

$$\Sigma e a^{\lambda} b^{\mu} c^{\nu} . A^{\lambda'} B^{\mu'} C^{\nu'}$$

ein, welcher von dem Zustande der Nadeln abhängt. Es wird dadurch $\Sigma e = 0$, $\Sigma ea = m$, $\Sigma eb = 0$, $\Sigma ec = 0$, $\Sigma E = 0$, $\Sigma EA = M$, $\Sigma EB = 0$ und $\Sigma EC = 0$. Ist die Nadel symmetrisch und fällt ihr Mittelpunkt mit h zusammen, so wird $\Sigma a^{\lambda} b^{\mu} c^{\nu} = 0$ für jeden geraden Werth der Zahl $\lambda + \mu + \nu$ und Aehnliches gilt von der zweiten Nadel. Allgemein verschwinden daher in der Summe $\Sigma\frac{eE}{r^{n-1}}$ die Coefficienten von $R^{-(n-1)}$ und R^{-n}; sind beide Nadeln in Gestalt und Vertheilung des Magnetismus symmetrisch und fallen h und h', so wie der Mittelpunkt der letztern Nadel mit H' zusammen, so verschwinden auch die Coefficienten der Potenzen $R^{-(n+2)}$, $R^{-(n+4)}$ u. s. w. Das Hauptglied, welches aus der Entwickelung von $-\Sigma\frac{eE}{(n-1)r^{n-1}}$ hervorgeht, ist demnach

$$-\tfrac{1}{2}R^{-(n+1)}(n\Sigma k^2 - \Sigma l)$$
$$= mMR^{-(n+1)}\{u\cos(\psi - U)\cos(\psi - u)\sin(\psi - U) \sin(\psi - u)\} = fR^{-(n+1)}$$

Der Theil von $\frac{dR}{du}$, welcher der Wirkung der zweiten Nadel entspricht, kann demnach ausgedrückt werden durch die Reihe

$$fR^{-(n+1)} + f'R^{-(n+2)} + f''R^{-(n+3)} + \ldots\ldots$$

Ist die Nadel vollkommen symmetrisch, so verschwinden f', f''', $f'''\ldots$; wird sie umgekehrt, so behalten f, f'', $f^{IV}\ldots$ ihren Werth, dagegen bekommen f', $f'''\ldots$ umgekehrte Werthe und dadurch geht k in $-k$ über.

Die Bedingung, daß die Nadel nicht um ihre verticale Axe gedreht werde, ist in folgender Gleichung enthalten:

$$0 = -mT \sin u + fR^{-(n+1)} + f'R^{-(n+2)} + f''R^{-(n+3)} + \ldots - \vartheta(u - N)$$

Da N sehr klein ist und innerhalb enger Gränzen eingeschlossen bleibt, so kann man $\vartheta \sin(u - N)$ für $\vartheta(u - N)$ nehmen. Es sey nun u^0 der Werth von u, welcher dem Gleichgewichte der ersten Nadel in Abwesenheit der zweiten entspricht oder $mT \sin u^0 + \vartheta \sin(u^0 + N) = 0$, so wird

$$mT \sin u + \vartheta \sin(u - N) = \{mT \cos u^0 + \vartheta \cos(u^0 - N)\} \sin(u - u^0)$$

wo man statt des ersten Factors mit Sicherheit $mT + \vartheta$ setzen darf. Dadurch wird

$$(mT + \vartheta) \sin(u - u^0) = fR^{-(n+1)} + f'R^{-(n+2)} + f''R^{-(n+3)} + \ldots$$

Behalten wir hier blos das erste Glied $fR^{-(n+1)}$, so wird

$$\text{tang}(u - u^0) = \frac{mAl\{n\cos(\psi - U)\sin(\psi - u^0) + \sin(\psi - U)\cos(\psi - u^0)\}R^{-(n+1)}}{mT + \vartheta + \{n\cos(\psi - U)\cos(\psi - u^0) + \sin(\psi - U)\sin(\psi - u^0)\}R^{-(n+1)}}$$

oder wenn wir den Theil des Nenners weglassen, welcher $R^{-(n+1)}$ enthält

$$\text{tang}(u - u^0) = \frac{mM}{mT + \vartheta}\{n\cos(\psi - U)\sin(\psi - u^0) + \sin(\psi - U)\cos(\psi - u^0)\}R^{-(n+1)} = FR^{-(n+1)}$$

Digitized by Google

Wird die zweite Nadel in verschiedenen Punkten derselben geraden Linie aufgestellt, so daß ψ und U unverändert bleiben und nur R sich ändert, so lassen sich die Coefficienten F, F′, F″... der Reihe

$$\tang(u - u^0) = FR^{-(n+1)} + FR^{-(n+2)} + F''R^{-(n+3)} + \ldots$$

welche wir erhalten, wenn wir die übrigen Glieder beibehalten, wo

$$F = \frac{f}{mT+\vartheta}, \quad F' = \frac{f'}{mT+\vartheta}, \quad F'' = \frac{f''}{mT+\vartheta} \ldots$$

durch Elimination entfernen, und es wird

$$\frac{M}{T} = \left(1 + \frac{\vartheta}{Tm}\right) \frac{F}{n\cos(\psi - U)\sin(\psi - u^0) + \sin(\psi - U)\cos(\psi - u^0)}$$

Soll dieses auf Beobachtungen angewendet werden, so ist noch Folgendes zu erwägen:

1) Statt des Vergleiches von u mit u^0 ist es vorzüglicher, je zwei entgegengesetzte Ablenkungen, bei umgekehrter Lage der zweiten Nadel, mit einander zu vergleichen, so daß, während R und ψ ungeändert bleiben, U um zwei rechte Winkel vergrößert wird. Bezeichnet man den Werth von u, welcher diesen Lagen entspricht, mit u′ und u″, so würde im Falle einer vollkommenen Symmetrie u″ genau $= -u'$, wenn zugleich $u'' = 0$; allein es ist überflüssig diese Bedingungen ängstlich zu beachten, da offenbar u′ und u″ durch ähnliche Reihen bestimmt werden, in welchen die ersten Glieder genau entgegengesetzte Werthe haben und da auch $\frac{1}{2}(u' - u'')$ so wie $\tang(u' - u'')$ durch eine ähnliche Reihe, in welcher der Coefficient des ersten Gliedes genau $= F$ ist, bestimmt wird.

2) Noch besser wird es seyn, immer vier Versuche zu verknüpfen, auch den Winkel ψ um zwei rechte zu vergrößern, d. h. die Entfernung R von der andern Seite zu nehmen. Wenn zwei späteren Versuchen die Werthe u‴ und u^{IV} von u entsprechen, wird auch die Differenz $\frac{1}{2}(u''' - u^{IV})$ durch eine ähnliche Reihe ausgedrückt werden, deren erstes Glied gleichfalls den Coefficienten F hat. Es ist auch gut, zu bemerken, daß wenn n eine ungerade Zahl ist, die Coefficienten F, F″, F^{IV} u. s. w. in der Reihe für

$u' - u^0$ und in der für $u''' - u^0$ genau gleich und die Coefficienten F', F''', F^v u. s. w. genau entgegengesetzt seyn werden und eben so für $u'' - u^0$ und $u^{IV} - u^0$, so daß in der Reihe für $u' - u'' + u''' - u^{IV}$ die abwechselnden Glieder herauffallen. Allein in dem Falle der Natur, wo $n = 2$, findet im Allgemeinen diese Beziehung zwischen den Reihen für $u' - u^0$ und $u''' - u^0$ in aller Strenge nicht Statt, da schon für die Potenz R^{-6} die Coefficienten nicht genau entgegengesetzt werden; doch läßt sich zeigen, daß auch für dieses Glied eine vollständige Compensation in der Combination $u' - u'' + u''' - u^{IV}$ eintritt, so daß $\text{tang}\,\frac{1}{4}(u' - u'' + u''' - u^{IV})$ die Form hat

$$LR^{-3} + L'R^{-5} + L''R^{-7} \ldots\ldots$$

wo $L = F$.

3) Es ist gut, die Winkel ψ, U so zu wählen, daß die kleinen bei ihrer Messung begangenen Fehler den Werth von F nicht merklich ändern. Zu dem Ende muß der Werth von U für einen gegebenen Werth von F so angenommen werden, daß F ein Maximum werde; es muß nämlich seyn

$$\cot(\psi - U) = n\,\text{tang}(\psi - u^0)$$

wodurch

$$F = \pm \frac{mM}{mT + \vartheta} \sqrt{\left\{n^2 \sin(\psi - u^0)^2 + \cos(\psi - u^0)^2\right\}}$$

Der Werth von ψ ist so zu wählen, daß dieser Werth von F entweder ein Maximum oder ein Minimum werde; jenes ist für $\psi - u^0 = 90^0$ oder 270^0, wo

$$F = \pm \frac{nmM}{mT + \vartheta}$$

dieses für $\psi - u^0 = 0$ oder 180^0, wo

$$F = \pm \frac{mM}{mT + \vartheta}$$

Wir können demnach den zweiten Stab entweder so legen, daß seine Axe in der durch die Mitte des beweglichen gezogenen senkrecht steht, oder wir legen ihn zwar ebenfalls senkrecht auf den magnetischen Meridian, aber seine Mitte liegt in der Verlängerung der beweglichen. Ist dann F bestimmt, so wird $\frac{M}{T}$ gefun-

den, und wenn dieses mit dem frühern Werthe MT verglichen wird, so erhalten wir T.

Zu beachten ist bei dieser Bestimmung noch, daß die Messungen in so kurzer Zeit als möglich vorgenommen werden müssen, damit sich die Intensität während der Beobachtung nicht bedeutend ändere; noch zweckmäßiger ist es, auf diese Aenderungen dadurch Rücksicht zu nehmen, daß man die Oscillationen einer zweiten, blos dem Erdmagnetismus unterworfenen Nadel beobachtet und auf die deshalb erforderlichen Correctionen Rücksicht nimmt. Es wird diese Bestimmung auch dadurch erleichtert, daß, wenn man keine Abstände wählt, welche kleiner sind als die vierfache Länge der Nadel, zwei Glieder der Reihe hinreichend sind.

Um diese Methode zu erläutern, will ich das von Gauß gegebene Beispiel mittheilen. Am 11ten September 1832 wurden die Schwingungen einer belasteten Nadel beobachtet, um ihr Trägheitsmoment auszumitteln, und gleichzeitig geschah eben dieses bei einer zweiten Nadel in der Absicht, die etwa eintretenden Aenderungen in der Stärke des Erdmagnetismus zu corrigiren. Die gefundenen Größen waren folgende:

Gleichzeitige Schwingungen

	der ersten Nadel		der zweiten Nadel
Versuch	Belastung	Eine Schwingung	Eine Schwingung
I	r = 180^{mm}	24″,63956	17″,32191
II	r = 130	20,77576	17,32051
III	r = 80	17,66798	17,31653
IV	r = 30	15,80310	17,30529
V	Unbelastet	15,22990	17,31107

Das Chronometer retardirte innerhalb eines mittlern Tages um 14″,24, das Gewicht p betrug 103,2572 Grammen; die Dauer einer Oscillation ist auf unendlich kleine Bögen reducirt. Diese Oscillationen werden auf den fünften Versuch reducirt; eben so multipliciren wir sie wegen des Einflusses der Torsion mit $\sqrt{\frac{n+1}{n}}$, wo Versuche ergaben, daß n bei den vier ersten Ver-

suchen = 424,8, beim fünften 597,4. Dadurch erhalten wir für die mittlere Sonnenzeit

I. t' = 24″,65717
II t'' = 20,79228
III t''' = 17,68610
IV t^{IV} = 15,82958
V t = 15,24515

Nehmen wir die Secunde, das Millimeter und das Milligramm als Einheiten von Zeit, Entfernung und Masse an, wo also $p = 103257{,}2$, so ergiebt sich nach der Methode der kleinsten Quadrate

$$TM = 179575250, \quad K + C = 4372419000$$

und mittelst des ersten Versuches

$$K = 4228732400, \quad C = 143686600$$

Die Länge des einfachen Secundenpendels ist $994^{mm},126$, folglich, wird die Schwere gemessen durch die eben zum Grunde gelegte Einheit der beschleunigenden Kräfte, so ist sie gleich 9811,63, und wenn wir die Schwere selbst als Einheit annehmen, wird $TM = 18302{,}29$. Diese Zahl drückt die Menge der Grammen aus, deren Druck, unter der Einwirkung der Schwere auf einen einen Millimeter langen Hebel, gleich ist der Kraft, mit welcher der Erdmagnetismus die Magnetnadel um ihre verticale Axe zu drehen strebt.

Am 18ten September wurde die Intensität des Erdmagnetismus mit den obigen Nadeln 1 und 2 und einer dritten 3 bestimmt. Deshalb wurden die Oscillationen von 1 und 2 gleichzeitig in zwei verschiedenen Apparaten A und B gemessen. Die Zeit einer solchen betrug

Nadel 1 15″,22450
Nadel 2 18,29995

Hierauf wurde die Nadel 3 aufgehängt, die Nadel 1 aber in die auf dem magnetischen Meridiane senkrecht stehende Linie gelegt, sowohl ostwärts als westwärts, und in jeder Lage die Beobachtungen bei verwechselten Polen wiederholt, so daß man bei demselben Abstande vier Werthe von u erhielt, deren Mittel wir mit v be-

Digitized by Google

zeichnen wollen. Bei zwei verschiedenen Werthen von R wurden folgende Werthe gefunden:

$$R = 1^m,2 \qquad v = 3^\circ 42' 19'',4$$
$$R = 1,6 \qquad v' = 1.\ 24.\ 19,3$$

Gleichzeitig wurden Schwingungen der Nadel 2 in einem besondern Apparate beobachtet. Eine unendlich kleine Oscillation wurde nach dem Mittel aus 414 Oscillationen in 17″,2948 vollendet. Das gebrauchte Chronometer retardirte täglich um 14″,24.

Sind M und m die Momente des freien Magnetismus für die Nadeln 1 und 3, ϑ die Constante der Torsion des Fadens als er die Nadel 1 oder 3 trug, so geben Versuche über die Torsion

$$\frac{\vartheta}{TM} = \frac{1}{597,4} \quad , \quad \frac{\vartheta}{Tm} = \frac{1}{721,6}$$

Das Trägheitsmoment von 1 fanden wir oben $K = 4228732400$. Die Nadel 2 zeigt eine Veränderung in der Intensität des Erdmagnetismus während der Beobachtung, und wir reduciren also die Oscillationen der Nadel 1 auf den mittlern Zustand desselben während des zweiten Theiles der Beobachtung. Berücksichtigen wir zugleich die Torsion und die Retardation des Chronometers, so wird

$$t = 15'',22450 \cdot \frac{17,29484}{17,29995} \cdot \frac{86400}{86385,76} \cdot \sqrt{\frac{598,4}{597,4}}$$
$$= 15'',23530.$$

Daraus wird

$$TM = \frac{\pi^2 K}{t^2} = 179770600.$$

Aus den beobachteten Ablenkungen ergiebt sich

$$F = \frac{R'^5 \tang v' - R^5 \tang v}{R'R' - RR} = 113056200$$

wenn wir das Millimeter als Einheit annehmen und daraus

$$\frac{M}{T} = \tfrac{1}{2} F \left(1 + \frac{\vartheta}{Tm}\right) = 56606437.$$

Und wenn wir diese Größe mit TM combiniren,

$$T = 1,782088.$$

Haben

Haben wir auf diese Art die Intensität durch Oscillationen einer horizontalen Nadel bestimmt, so müssen wir aus dem horizontalen Momente noch die Stärke der gesammten Kraft bestimmen, was dadurch geschieht, daß wir die gefundene Größe durch den Cosinus der Neigung dividiren.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Beobachtungsmethode, wollen wir in der Kürze die Verhältnisse der auf der Erde gefundenen Erscheinungen betrachten. Wir werden sogleich sehen, daß diese Elemente sich im Laufe der Zeiten ändern und daß diese Größen mithin für mehrere Perioden bestimmt werden müßten; da es indessen nicht meine Absicht ist, hier den Gegenstand in seinem ganzen Umfange zu verfolgen, so beschränke ich mich vorzugsweise auf die Verhältnisse, wie sie für das Jahr 1828 gelten, eine Zeit, für welche wir eine Reihe umfassender und trefflicher Beobachtungen über einen großen Theil der Erde besitzen, und dabei werde ich vorzugsweise die Arbeiten von Hansteen [40]) und Erman [41]) zum Grunde legen.

Wir beginnen mit der Abweichung, demjenigen Elemente, welches am längsten bekannt und am ausführlichsten verfolgt ist. Verbinden wir auf einem Globus diejenigen Orte, an denen die Abweichung dieselbe ist, so zeigen diese gefundenen Abweichungslinien (isogonischen Linien) mehr oder minder Regelmäßigkeit; wir wollen hier jedoch nur vorzugsweise die Lage der Linien ohne Abweichung, d. h. der Linien betrachten, welche durch Orte gehen, an denen die Nadel genau nach Norden zeigt.

Im ganzen westlichen Europa ist gegenwärtig die Abweichung westlich. Wenn wir uns von der Westküste in das Innere des Continentes begeben, so nimmt die westliche Declination ab und die Nadel zeigt genau nach Norden. Verbinden wir diese Punkte, so finden wir, daß eine Linie ohne Abweichung von Norden gen Süden durch das russische Lappland zwischen Umba und Ponoi, etwas westlich von Archangelsk, durch Presa und Saratow bis zum nordöstlichen Theile des kaspischen Meeres zwischen

40) Poggendorff's Annalen XXI, 362.

41) Erman Bericht über die Fortsetzung seiner magnetischen Beobachtungen im russischen Asien durch den großen und atlantischen Ocean. 8. Berlin 1830. und Poggendorff's Annalen XVI, 139. XXI, 119.

Astrachan und Gurief geht. Eine andere Linie ohne Abweichung geht von Süden gegen Norden durch Troizko-Savsk (bei Kiachta) durch die Ostküste des Baikals, etwas westlich von Wiluisk bis 68° N, wo sie sich gegen Osten dreht und gen Süden durch das ochozkische Meer hinabsteigt, und sonach den Theil von Sibirien zwischen dem Baikal und dem großen Oceane, nebst Japan und dem östlichen Theile von China einschließt. Hansteen glaubt, daß diese Linie gegenwärtig eine in sich selbst zurücklaufende Curve sey, welche ein kleines System von westlichen Abweichungen in sich einschließe, deren Maximum nicht 5° übersteige; dagegen verbindet Erman die zuerst genannte Linie mit der zweiten, indem er sie nach SO fortzieht und dann nach OSO und später O verlängert; ihr südlichster Punkt liegt darnach in etwa 44° N und 75° östlicher Länge von Greenwich; darauf hebt sich diese Linie gegen NO und vereinigt sich mit der durch den Baikal gehenden Linie ohne Abweichung. Es ist demnach die Gestalt dieser sich mehrfach krümmenden Linie nach Erman nahe eben so, als sie Hansteen für das Jahr 1769 angegeben hatte, wo sie etwas östlich von Archangel fortlief, sich dann nach Orsk bewegte, etwas östlich von dem Meridiane von Orsk in etwa 45° N ihren südlichen Scheitel erlangte und sich dann nach NO erhob. Nördlich von dieser Linie, also zwischen dem eben erwähnten sibirischen und dem europäischen westlichen Systeme, liegt ein östliches, welches sich bis zum Erdpole erstreckt. Die zu demselben gehörigen Linien laufen von NW gegen SO, erlangen mehr und mehr eine östliche Biegung, erreichen ihren südlichen Scheitel etwa 92° östlich von Ferro, heben sich gegen NO, erreichen etwa im Meridiane von Jakutzk ihren nördlichen Scheitel und laufen östlich von der durch das ochozkische Meer gehenden Linie ohne Abweichung in den großen Ocean.

Gehen wir demnach auf dem Parallelkreise von 60° N gegen Osten, so finden wir bei Bergen eine Abweichung von etwa 23° W, diese Abweichung wird geringer und verschwindet etwa in dem Meridiane von Archangel (59° von Ferro); wir finden nun eine östliche Abweichung, welche nach und nach größer wird und ihr Maximum etwa im Meridiane von Tara erreicht, wo sie $11\frac{1}{2}$° beträgt; sie wird kleiner, und in etwa 130° östlich von Ferro zeigt die Nadel aufs Neue nach Norden. Nun finden

wir das System westlicher Abweichungen, deren Maximum von 5° etwa im Meridiane von Jakutzk Statt findet, worauf die Abweichung im ochozker Meere verschwindet und späterhin östlich wird. Hätten wir dagegen diese Reise auf dem Parallelkreise von 70° N vorgenommen, so hätte die westliche Abweichung abgenommen und wir hätten in der Länge von etwa 57° die Linie ohne Abweichung gefunden; die Abweichung wäre nun östlich geworden und hätte in dem östlichen Theile des obischen Meerbusens ihr Maximum von fast 20° erreicht; hier hätte sie abgenommen und in dem Meridiane von Jakutzk hätte sie nur 2° betragen; dieses ist jedoch auch ihr kleinster Werth, denn späterhin wird sie größer und beträgt im nordöstlichen Theile Sibiriens mehr als 20°.

Vergleichen wir die Verhältnisse auf den beiden so eben betrachteten Parallelkreisen, so finden wir eine bedeutende Verschiedenheit. Indem wir nämlich in der Breite von 60° fortgehen, finden wir erst westliche, dann östliche, späterhin westliche und zuletzt östliche Abweichung, während wir in der Breite von 70° nur westliche und dann östliche Declination finden. Diese Verschiedenheit ist unstreitig Ursache der von Kupffer aufgestellten Behauptung [42]), daß es im östlichen Sibirien keine Linie ohne Abweichung gebe und daß wir östlich von der bei Irkutzk vorbeigehenden Linie wieder östliche Declination finden, indem er sich dabei vorzüglich auf die von Anjou und Wrangel im nördlichen Sibirien gemachten Messungen stützte. Jedoch haben die umfassenderen Messungen von Erman und Hansteen die Unrichtigkeit dieser Ansicht für niedere Breiten gezeigt, und eben so zeigen ältere von Hansteen ausführlicher betrachtete Messungen [43]), daß auch im vorigen Jahrhundert hier ähnliche Verhältnisse Statt fanden.

Der Zweig der Linie ohne Abweichung welchen wir vorher im Meere von Ochozk verließen, tritt gegen Süden in den großen Ocean und bewegt sich in der Nähe von China fort [44]); wir fin-

42) Poggendorff's Annalen X, 552.

43) Das. XXI, 372.

44) In Peking war die Abweichung nach Fuß
im December 1830 = 1° 38′ W
Mai 1831 = 1. 55
Junius 1831 = 1. 48
Poggendorff's Annalen XXV, 224: die Linie ohne Abweichung liegt daher wahrscheinlich nur wenige Grade östlich.

den sie sodann wieder in der Nähe von Surabaya auf Java [45]) und von hier geht sie durch den Continent von Neuholland gegen den Südpol der Erde [46]). Westlich von dieser Linie finden wir westliche, auf der andern Seite östliche Abweichung.

Entfernen wir uns von der Westküste Europa's, so nimmt die westliche Abweichung der Nadel zu und erreicht im atlantischen Meere ihr Maximum; von hier nimmt sie wieder ab, und wir finden, daß die Nadel genau nach Norden zeigt. Erman hat ein Stück dieser Linie auf seiner Charte gezeichnet. Darnach geht sie durch den östlichen Theil von Südamerica, dann wendet sie sich in nordwestlicher Richtung in das Innere von Nordamerica; gegen Südosten laufend geht sie mitten durch den südlichen Theil des atlantischen Oceanes. Zwischen den beiden erwähnten durch die südliche Halbkugel fortgesetzten Linien finden wir im atlantischen und indischen Meere westliche, im großen Oceane aber östliche Abweichung.

Betrachten wir die Richtung der Abweichungsnadel an einem Orte, so ändert sich dieselbe bald mehr, bald weniger, und die Verhältnisse, welche für eine gegebene Zeit gefunden sind, gelten später nicht mehr. Bleiben wir z. B. beim nördlichen Europa und Asien stehen, so finden wir nach Hansteen [47]), daß vor dem Anfange dieses Jahrhunderts die westliche Abweichung in Christiania und Stockholm eben so wie im ganzen Europa im Zunehmen war; bald nach Anfang dieses Jahrhunderts blieb sie erst einige Zeit unveränderlich, und hierauf fing sie an, abzunehmen. In Christiania beträgt die jährliche Abnahme etwa eine Minute. Weiter ostwärts, wie in Stockholm, Petersburg u. s. w., beträgt sie zwischen den Parallelkreisen von 50° und 60° jährlich etwa 3′, bis man zur Länge von etwa 60° östlich von Ferro kommt. Hier fängt die Abnahme der westlichen oder die Zunahme der östlichen Abweichung an zu wachsen bis zum Meridiane von Tara (92° O), wo sie ihr Maximum von 9′ erreicht zu haben scheint; weiter ost-

45) Die Messungen von Duperrey gaben hier am 8ten und 9ten September 1824 eine Abweichung von 0° 10′, 4 W. Poggendorff's Annalen XXI, 151 Tafeln.

46) Erman, Poggendorff's Annalen XXI, 125.

47) Poggendorff's Annalen XXI, 869.

Digitized by Google

wärts wird sie wieder geringer und scheint etwas östlich von Selenginsk zu verschwinden. Von diesem Punkte an nimmt wieder die westliche Abweichung zu oder die östliche ab, bis gegen den Meridian von Jakutzk, wo die Aenderung etwa ihr Maximum von 5′ jährlich erreicht. Weiter ostwärts nimmt die jährliche Veränderung wieder ab, bis sie in der Nähe der Insel Unalaschka verschwindet. An der Nordwestküste America's, z. B. in Sitcha, scheint die östliche Abweichung wieder etwas zuzunehmen. Diese Veränderungen sind nördlich von 60° N größer und südlich von 50° N kleiner, als hier angegeben wurde.

Hansteen hat auf mehreren Abweichungscharten in seinem magnetischen Atlas Linien gezeichnet, durch welche diejenigen Orte verbunden wurden, in denen sich die Declination innerhalb eines gegebenen Zeitraumes nicht änderte. Verbindet man z. B. die Orte, an welchen die Nadel ihre Stellung von 1700 bis 1756 behielt, so finden wir eine Linie, welche von Petersburg durch das schwarze Meer, den arabischen Meerbusen und Madagascar bis 40° S geht; hierauf wendet sie sich gegen Osten und geht neben der Westküste Neuhollands vorbei, nordwärts nach Malacca und China. Die eben mitgetheilten Bemerkungen über die Veränderung der Abweichung zeigen, daß sich der östliche Zweig dieser Linie weiter nordwärts bis zum Baikal-See verlängern läßt und daß sich ihr westlicher Zweig, welcher um die Mitte des vorigen Jahrhunderts durch Petersburg nach der Ostküste Spitzbergens ging, jetzt weiter gegen Westen verrückt hat, so daß er jetzt ungefähr durch Paris und dicht an der Westküste Norwegens vorbeigeht. Auf dem ganzen Stücke der Erdfläche, welches von dieser Linie eingeschlossen ist, also zwischen der Ostsee und dem Baikal, hat sich der Nordpol der Magnetnadel in mehr als 100 Jahren nach Osten, außerhalb dieser Linie nach Westen bewegt.

Vergleicht man die jetzigen Verhältnisse mit denen in früheren Zeiten, so findet man, daß sich um das Jahr 1600 ein kleines System östlicher Abweichung, dessen Maximum etwa 9° betrug, über ganz Europa und den östlichen Theil des nördlichen atlantischen Meeres erstreckte und daß die Abweichung in ganz Asien westlich war. Im folgenden 17ten Jahrhundert drang das westliche Abweichungssystem von der Hudsonsbai schnell in das atlan-

Digitized by Google

tische Meer hinein und drängte das vorhin erwähnte östliche System aus Europa gegen Nordosten in Asien hinein, wo es sich nach gerade über den Pol in Verbindung mit dem östlichen Systeme im großen Oceane setzte und sich bis auf unsere Zeit immer mehr und mehr entwickelt hat. Von dem westlichen Systeme, welches im Jahre 1600 über ganz Asien herrschte, ist jetzt nur das kleine Ueberbleibsel zwischen dem Baikal-See und Kamtschatka vorhanden und dieses bewegt sich ebenfalls nach Osten.

Betrachten wir die Verhältnisse westlich von Europa, so zeigen die vorhandenen Beobachtungen, daß an der nördlichen Küste Spitzbergens die Abweichung in mehr als 200 Jahren fast unverändert geblieben ist; weiter westwärts hat sich der Nordpol der Nadel nach Westen gedreht und diese westliche Bewegung hat ihr Maximum von etwa 12′ des Jahres in der Davisstraße erreicht, ist aber etwas nördlich von Quebec wieder verschwunden. Ziehen wir eine Linie, in welcher sich die Abweichung von 1700 bis 1770 nicht geändert hat, so geht diese östlich von den Falklandsinseln durch Südamerica bis Neufoundland und muß von hier nördlich von Quebec gegen Nordwesten durch die Hudsonsbai bis zur Repulsebai oder Melville's Halbinsel fortgesetzt werden. Oestlich von dieser Linie hat sich der Nordpol der Nadel in 200 Jahren nach Westen, westlich von ihr nach Osten bewegt. Wahrscheinlich dreht sich diese Linie, in welcher die Abweichung unverändert ist, von der Repulsebai gegen Westen und steigt darauf gegen Süden durch die Insel Unalaschka in den großen Ocean hinab. Zwischen diesem Zweige und den oben erwähnten von Malacca nach dem Baikal gehenden dreht sich der Nordpol der Nadel etwas gegen Westen. Bei Verfolgung eines Parallelkreises rings um die Erde treffen wir also vier Mal auf einen Punkt, wo die jährliche Veränderung der Nadel verschwindet, einen in America, einen an der Ostküste Africas und im europäischen Rußland, einen dritten zwischen Malacca und dem Baikal, und einen vierten im großen Oceane zwischen Unalaschka und der Ostküste Neuhollands.

Betrachten wir die Verhältnisse in der Nähe des Aequators, so finden wir, daß sich von Acapulco bis Carthagena der Nordpol der Nadel gegen Osten bewegt. Vom Meridiane 300° östlich von Ferro, wo die Nadel gegenwärtig stille steht, bis zur Ostküste

Digitized by Google

Africa's bewegt sie sich dagegen nach Westen. Das Maximum dieser westlichen Bewegung scheint bei St. Helena und Ascension einzutreffen, wo es jährlich 9′ beträgt. Beim Eingange in das rothe Meer verschwindet diese westliche Bewegung und geht in eine östliche über, deren Maximum nahe am Cap Comorin und Ceylon eintrifft, wo sie etwa 5′ beträgt. Diese verschwindet wieder bei Macao und Manilla. Im ganzen großen Oceane ist die Bewegung östlich, aber sehr gering, und scheint nirgends eine Minute zu übersteigen, sie verschwindet wieder in America beim Meridiane 300° östlich von Ferro.

In der südlichen Halbkugel endlich finden wir, daß sich an der Westküste Südamerica's der Nordpol der Magnetnadel etwas gegen Osten bewegt; allein diese östliche Bewegung ist jetzt weit weniger als vor 100 Jahren. Am Feuerland verschwindet sie ganz und geht weiter ostwärts in eine westliche Bewegung über, welche am Vorgebirge der guten Hoffnung bis 8′ oder 9′ steigt. Diese verschwindet wieder bei Madagascar und Bourbon und wird weiter ostwärts östlich bis in die Nähe von Südamerica.

Betrachten wir die Verrückung der Abweichungslinien, so ergiebt sich, daß in der nördlichen Halbkugel das große westliche System in 200 Jahren von der Hudsonsbai gegen Osten vorgedrungen ist und das kleine östliche System, welches in Europa lag, so wie das kleine westliche System bei Novaja Semlia vor sich gegen die östlichen Gränzen Asiens getrieben hat; auf eine völlig ähnliche Art ist in der südlichen Halbkugel das große westliche System, welches vor 200 Jahren auf das indische Meer eingeschränkt war, gegen Westen vorgedrungen und hat das östliche im südlichen atlantischen Meere liegende System dem Feuerlande zugetrieben. Die Bewegung beider Linienssteme ist also ö s t l i c h in der nördlichen, w e s t l i c h in der südlichen Halbkugel.

Wir wenden uns zur Betrachtung des zweiten Elementes, nämlich der Neigung. Bewegen wir uns mit einem Inclinatorium auf demselben Mittagskreise aus einer hohen nördlichen Breite nach Süden, so hebt sich der Nordpol der Nadel allmählig aufwärts, bis letztere in der Nähe des Aequators horizontal steht, und bei der Fortsetzung der Reise nach Süden treffen wir dann südliche Neigung, deren Werth zunimmt, wenn wir uns dem Pole nähern. Werden diejenigen Punkte der Erde mit ein-

Digitized by Google

ander verbunden, in denen die Neigung gleich ist, so erhalten wir dadurch die Neigungslinien, Isoclinen; diejenige dieser Linien, auf welcher die Neigungsnadel horizontal steht, heißt magnetischer Aequator.

Da der magnetische Aequator die Erde in zwei große Hälften theilt, auf deren einer wir nördliche Neigung finden, während letztere in der zweiten Hälfte südlich ist, so muß zunächst seine Lage mit möglichster Genauigkeit bestimmt werden. Wir haben in neueren Zeiten mehrere treffliche Untersuchungen darüber erhalten, unter denen ich besonders die Arbeiten von Duperrey [48]), Hansteen [49]) und Morlet [50]) erwähne. Seine Lage wird aus den Beobachtungen in seiner Nähe hergeleitet. Bezeichnen wir nämlich mit J die Neigung an einem Orte, mit φ seinen Abstand vom magnetischen Aequator, wobei wir diesen Abstand in der Verlängerung des magnetischen Meridianes rechnen müssen, so ist $\text{tang } J = 2 \text{ tang } \varphi$ [51]); wenn wir mithin Neigungen nehmen, welche den Werth von 20° nicht bedeutend übersteigen, so läßt sich die Lage dieses Aequators mit großer Schärfe herleiten; nehmen wir dagegen Neigungen, welche viel größer sind, so finden wir diese Regel nicht mehr gültig, weil die bei ihrer Herleitung gemachte Voraussetzung, daß der magnetische Aequator, so wie die Abweichungslinien größte Kreise der Erde seyen, nur für kleine Bögen richtig ist [52]).

Nachdem Wilke zuerst die Isoclinen auf einer Erdcharte verzeichnet hatte [53]), wurde meistens angenommen, daß der magnetische Aequator ein größter Kreis sey, welcher den terrestrischen Aequator in zwei Punkten durchschneide und gegen ihn unter

48) Poggendorff's Annalen XXI, 151.

49) Gilbert's Annalen LXXI, 273, Poggendorff's Annalen XXI, 426.

50) Biot Précis de physique II, 81. Gilbert's Annalen LXX, 1.

51) Hansteen Untersuchungen S. 207.

52) Erman Bericht S. 17. macht ebenfalls auf die Unrichtigkeit dieser Formel für größere Breiten aufmerksam, jedoch hat er die magnetische Breite auf einem Meridiane fortgezählt.

53) Abhandl. der schwed. Academie für 1768, daraus Hansteen Untersuchungen S. 45.

Digitized by Google

einem Winkel von etwa 12° geneigt sey, obgleich die Bestimmung dieses ausgezeichneten schwedischen Naturforschers dieser Ansicht keinesweges günstig war. Erst nach Humboldt's Rückkehr aus Südamerica wurde der Gegenstand ausführlicher von Biot untersucht, und er zeigte, daß beide Aequatoren sich in wenigstens drei oder vier Knoten schnitten [54]), indem die erwähnte ziemlich allgemein herrschende Vorstellung zwar den Beobachtungen im atlantischen Meere genügte, aber für den großen Ocean völlig ungültig wäre. Zwar behauptete Hansteen [55]) anfänglich, daß diese Ansicht nicht richtig sey, die Linie ohne Neigung schneide nämlich den Aequator nur in zwei Punkten. Die späteren sehr ausführlichen Untersuchungen von Morlet, so wie Hansteen's eigene Arbeiten haben indessen die Richtigkeit der Behauptung von Biot gezeigt.

Nach den Zusammenstellungen von Morlet durchschneidet die Linie ohne Neigung im Jahre 1780 den Erdäquator das erste Mal auf der Westküste Africas in etwa 10° östlicher Länge von Paris. Verfolgt man sie von hier aus immerfort nach Westen, so wird Anfangs ihr Abstand von dem Erdäquator nach Süden zu immer größer, bis dieser südliche Abstand unter 28° westlicher Länge von Paris sein Maximum von 14° 10′ erreicht; dem Erdäquator von hier an sich fortwährend nähernd, zieht sich die Linie ohne Neigung durch Südamerica und ist unter 100° westlicher Länge von Paris dem Erdäquator wieder ganz nahe. Hier aber fängt sie an, sich zu biegen, wird dem Erdäquator immer mehr und mehr parallel, und statt ihn zu durchschneiden kommt sie blos mit ihm in Berührung in 120° westlicher Länge von Paris, worauf sie wieder nach Süden zurückweicht, bis sie ihr zweites Maximum südlicher Abweichung in 3° 13′ südlicher Breite und 164° westlicher Länge von Paris erreicht. Sie nähert sich dann dem Erdäquator wieder, durchschneidet ihn in 186° westlicher oder 174° östlicher Länge von Paris, unweit des Meridianes der Mulgrave's-Inseln und erreicht darauf in der Nähe eines der Meridiane, welche durch die Philippinischen Inseln gehen, das Maximum ihrer nördlichen Breite von 8° 57′. Von hier geht sie

54) Biot Traité III, 131.

55) Hansteen Untersuchungen S. XXII.

Digitized by Google

wieder etwas nach Süden zurück, doch findet sich bald in ihr ein Minimum ein, in 7° 44′ N, am Eingange des Meerbusens von Siam, etwas südlich von der Insel Condor, unter 108° östlicher Länge von Paris. Während sich die Linie ohne Neigung nun aufs Neue von dem Aequator weiter entfernt, zieht sie sich durch den Meerbusen von Bengalen und über die Südspitze Hindostans weg in das arabische Meer, und hier befindet sich ihr zweites Maximum nördlicher Breite von 11° 47′ in 61° östlicher Länge von Paris. Darauf nähert sie sich dem Erdäquator aufs Neue, tritt etwas südlich von der Meerenge Babel Mandeb in Africa ein und bewegt sich nun zu dem vorher erwähnten Knoten an der Westküste Africas.

Giebt gleich die neuere Charte von Hansteen [56]) nahe dieselbe Gestalt, so weicht sie doch in mehreren Punkten davon ab, wie dieses bereits Gilbert zu der Zeit zeigte, als beide gleichzeitige Arbeiten erschienen [57]). Nach Hansteen finden wir nämlich den ersten Knoten etwa 23° östlich von Paris und indem die Linie ohne Neigung sich von hier bei ihrem Fortschreiten nach Westen in die südliche Halbkugel senkt, finden wir das Maximum ihrer südlichen Breite von etwa 13° in dem Meridiane 28° westlich von Paris; indem sie sich von hier gegen Norden hebt, schneidet sie den Erdäquator in 110° westlicher Länge; sie bleibt nun in der nördlichen Halbkugel, doch entfernt sie sich nur wenig vom Aequator und durchschneidet diesen aufs Neue in der Länge 127° westlicher Länge. Während also Morlet in dieser Gegend nur einen berührenden Knoten annimmt, finden wir hier nach Hansteen ein wirkliches Aufsteigen in die nördliche Halbkugel. Indem sich die Linie von diesem Knoten aus gegen Süden senkt, erreicht sie in etwa 150° westlicher Länge ihren größten etwa 3° betragenden Abstand vom Aequator. Von hier hebt sie sich nach Norden und wir finden in 172° westlicher Länge einen neuen Knoten. Die Linie hebt sich schnell gegen Norden, bis sie in etwa 145° östlicher Länge eine Breite von etwa 8° erreicht, und lange Zeit auf diesem Parallelkreise fortziehend, hebt sie sich erst

56) Gilbert's Annalen LXXI. Taf. IV. Poggendorff's Annalen XXI, Taf. V.

57) Gilbert's Annalen LXX, 19.

Digitized by Google

in etwa 90° östlicher Länge gegen Norden, worauf sie ihre größte nördliche Breite von etwa 13° in einer Länge von 65° erreicht und sich nun gegen den zuerst erwähnten Knoten bewegt.

Seit dem Jahre 1780 hat sich der magnetische Aequator nach Westen bewegt, namentlich gilt dieses von seinen Knoten. Derjenige an der Westküste Africas liegt 1827 im atlantischen Meere, nach den Bestimmungen von Duperrey [58]) und Hansteen [59]) nahe im Meridiane von St. Thomas, etwa 4° östlich von Paris; darauf senkt er sich gegen Süden und erreicht an der Ostküste von Südamerica seinen größten Abstand vom Aequator, welcher 15° bis 16° beträgt, also bedeutender ist, als dieses 1780 der Fall war. Indem er sich nun erhebt, nähert er sich in dem Meridiane von etwa 95° westlich von Paris dem Erdäquator bis auf 2° oder 3° und läuft nach den Bestimmungen von Hansteen auf diesem Parallelkreise bis zu etwa 170° westlicher Länge fort, worauf wir in etwa 184° westlicher Länge einen zweiten Knoten treffen, und nahe damit stimmen die von Duperrey gefundenen Größen überein. Während wir also im Jahre 1780 im großen Oceane drei Knoten fanden, treffen wir gegenwärtig nur den bedeutendsten derselben, welcher etwa 15 Grad nach Westen gerückt ist, und die Linie ohne Neigung fast parallel mit dem Aequator in der südlichen Halbkugel fortlaufend. Zwar soll sich nach den Beobachtungen von Freycinet im Jahre 1819 ein Knoten in 230° östlicher Länge von Greenwich befunden haben, jedoch folgt aus den Messungen von Erman, welcher ihn hier in der Nähe des Aequators aufsuchen wollte, daß zwischen dem Meridianen von 237° und 217° (Greenwich) der magnetische Aequator nirgends den Erdäquator erreicht, sondern sehr nahe auf dem Parallelkreise von 1° 55′ S fortläuft [60]). Die Linie ohne Neigung läuft nun bei ihrem Fortgange nach Westen

58) Poggendorff's Annalen XXI, Taf. II.

59) Daf. Taf. V.

60) Erman Bericht S. 14. Er stützt sich dabei auf den Bericht über Duperrey's Reise in der Connoissance des temps für 1829. In dem Berichte über Freycinet's Reise heißt es: die Neigungsbeobachtungen bestätigen völlig die besondere Biegung des magnetischen Aequators in der Südsee, welche aus den Beobachtungen von Cook hervorging. Gilbert's Annalen LXX, 85.

Digitized by Google

etwa 1° bis 2° südlich von den Stellen fort, durch welche sie im Jahre 1780 ging, etwa in der nördlichen Breite von 5° bis 6°, bis sie sich in dem Meridiane von 100° östlich von Paris schnell gegen Norden hebt und nun nach Hansteen 50° östlich von Paris die Breite von 18° N erreicht, worauf sie sich zu dem zuerst genannten Knoten hinab bewegt. Im Innern Africa's beträgt der Abstand der Stellen, durch welche die Linie ohne Neigung 1780 und 1827 hindurchging, etwa 10° eines Meridianes. Hier weicht die Bestimmung Hansteen's bedeutend von der von Duperrey ab, indem nach letzterem das Maximum nördlicher Breite, welches der magnetische Aequator erreicht, nur etwa 13° bis 14° beträgt.

Die übrigen Neigungslinien laufen anfänglich mit dem magnetischen Aequator ziemlich parallel, so wie aber die Inclination größer wird, entfernen sie sich von demselben; so finden wir in der nördlichen Halbkugel zwei bedeutende Biegungen dieser Linien, in denen sie sich sehr schnell nach niederen Breiten bewegen, nämlich in dem östlichen Theile Nordamerica's und im Innern Asiens, dergestalt, daß wir an jeder Isocline zwei nördliche Maxima und zwei südliche Minima zu unterscheiden haben. Kupffer machte auf eine Relation zwischen den Neigungs- und Abweichungslinien aufmerksam[61]), indem er zeigte, daß die Linien ohne Abweichung den magnetischen Aequator an denjenigen Stellen durchnitten, wo letzterer seine größte Annäherung an die Pole hätte. Späterhin leitete Erman aus seinen Beobachtungen ein noch allgemeineres Resultat her[62]). Vergleicht man nämlich aufmerksamer die isoclinischen Linien mit den Abweichungen, welche an den Orten, durch welche sie gehen, Statt finden, so bemerkt man überall, daß der Winkel zwischen der Normale der isoclinischen Linie und dem Meridiane des Ortes nach derselben Seite gerichtet ist, als der Nordpol der Nadel und nahe gleich der Abweichung ist. Recht auffallend bestätigt dieses namentlich die mehrfach gekrümmte sibirische Linie ohne Abweichung, indem der erste und dritte Zweig die isoclinischen Linien genau an den Stellen schneiden, wo ihre Entfernung vom Erdpole ein Mi-

61) Poggendorff's Annalen X. S. 555.

62) Das. XXI, 135.

Digitized by Google

nimum, der zweite da, wo dieselbe ein Maximum ist. Dieser Zusammenhang bestätigt übrigens die Annahme, welche wir oben bei Herleitung des magnetischen Aequators machten, daß nämlich kurze Stücke der Abweichungs- und Neigungslinien Bögen von größten Kreisen seyen.

Vergleichen wir nun die Lage des mgnetischen Aequators und der übrigen Neigungslinien in den Jahren 1780 und 1827, so finden wir allerdings, daß sich dieselben und namentlich die Knoten der Linie ohne Neigung nach Westen bewegt haben; indessen bemerkt Hansteen[63]), wir dürfen dabei keineswegs an eine blos translatorische Bewegung denken, sondern es finde dabei gleichzeitig eine Veränderung in der Gestalt dieser Linien Statt, was theils durch den Mangel der zwei Knoten in der Südsee, theils durch die größere Annäherung an die Pole beim Scheitel in America bewiesen wird. Wir finden ferner, daß mitten durch das atlantische Meer, etwa bei dem Meridiane 10° westlich von Ferro, eine Linie von Norden nach Süden geht, in welcher alle Neigungslinien desselben Namens für 1780 und 1827 einander schneiden und wo also die Neigung zwischen beiden Punkten unverändert geblieben ist. An der östlichen Seite dieser Linie haben sich die Isoclinen nach Norden, auf ihrer westlichen Seite nach Süden bewegt, d. h. auf der östlichen Seite hat die nördliche Neigung abgenommen, die südliche zugenommen, auf der westlichen Seite hat die nördliche zugenommen, die südliche abgenommen. Zwei andere Linien, in welchen die gleichnamigen Neigungslinien einander schneiden, findet man im großen Oceane in den Längen von 120° und 145° westlich und eine oder zwei ähnliche Linien in dem indischen Meere zwischen den Meridianen von 80° und 120°. Zwischen den Meridianen 10° und 120° westlich, also im westlichen Theile des atlantischen Meeres, ganz America und dem östlichen Theile des großen Oceanes, haben sich alle Neigungslinien nach Süden, zwischen den Meridianen 10° westlich und 120° östlich, also im östlichen Theile des atlantischen Meeres, ganz Europa, Africa und dem größten Theile des indischen Meeres, gegen Norden bewegt. Zwischen den Meridianen 120° und 145° westlich haben sich die Linien gegen Norden und zwischen

63) Poggendorff's Annalen XXI, 427.

den Meridianen 145° westlich und 120° östlich gegen Süden bewegt.

Wir betrachten endlich das dritte Element, die Intensität, welches erst in neueren Zeiten aufmerksam untersucht ist. So klein war die Zahl älterer Messungen, daß Biot im Jahre 1816 nur den Satz aufstellen konnte, daß die Intensität am Aequator kleiner sey, als in höheren Breiten[64]). Andere Physiker suchten die Kraft auf theoretischem Wege zu bestimmen und namentlich entwickelten Young und Barlow[65]) für die totale Intensität, F, oder die horizontale F_x zwei Ausdrücke, bei denen sie blos auf die Neigung J Rücksicht nahmen. Es ist nämlich

$$F = 2A\sqrt{\frac{1}{4-3\sin^2 J}}$$

$$F_x = 2A\sqrt{\frac{1}{3+\sec^2 J}}$$

wo A ein durch die Beobachtungen zu bestimmender Coefficient ist. Jedoch hatte Hansteen schon früher gezeigt[66]), daß dieses Gesetz nicht richtig seyn könnte, indem die Kraft bei derselben Neigung in America weit stärker wäre, als in Europa, und daß sie endlich in Osten ein Minimum erreiche. So gering die Zahl der Beobachtungen war, welche dieser Behauptung zum Grunde lagen, so ist sie doch durch die späteren Erfahrungen und namentlich durch die Messungen von Sabine bestätigt worden[67]).

Seit der Zeit, wo Hansteen diese Resultate aus den Messungen v. Humboldt's und Rossel's hergeleitet hat, sind die Beobachtungen auf vielen Punkten der Erde verfolgt worden, und mehrere Naturforscher, unter denen ich nur Duperrey[68]), Erman[68a]), Hansteen[69]) und Moser[70]) nennen will, haben das magnetische Intensitätssystem der Erde zum Gegenstande ihres

64) Biot Traité III, 138.
65) Essay on magnetic attractions p. 197. §. 206.
66) Hansteen Untersuchungen S. 71.
67) Schweigger's Jahrbuch XXI, 129.
68) L'Institut. No. 34. T. II. p. 10.
68 a) Poggendorff's Annalen XXI, 140.
69) Daſ. IX, 226. XIV, 376. XXVIII, 473.
70) Daſ. XXXIV, 63.

Digitized by Google

besondern Studiums gemacht. Ich will hier kürzlich einige von den Resultaten dieser Naturforscher angeben.

Da es sich bei der vorliegenden Aufgabe nur um eine Vergleichung handelt, so hat man willkührlich als Einheit diejenige Intensität genommen, welche Humboldt auf dem magnetischen Aequator in Peru gefunden hatte. Indeß ist dieses keinesweges das Minimum der beobachteten Intensität. Verbinden wir auf einem Globus diejenigen Orte, in welchem die Intensität in jedem Meridiane ihr Minimum erreicht, so erhalten wir dadurch eine Linie, welche Duperrey den magnetischen Aequator nennt. Diese Linie scheint indessen keinesweges mit der Linie ohne Neigung zusammenzufallen. Nach ihm nämlich soll diese Linie jeden Meridian an der heißesten Stelle durchschneiden; verfolgen wir sie um die ganze Erde, so finden wir zwei Knoten, in denen sie die Aequinoctiallinie durchschneidet, nämlich im atlantischen Meere in 5° 31′ östlich von Paris und im großen Oceane in 169° 36′ W; die am meisten vom Aequator entfernten Punkte liegen in 10° 43′ S und in 81° 52′ W; der zweite in 11° 35′ N und 98° 38′ O. So wünschenswerth indessen eine genaue Kenntniß von dem Laufe dieser Linie auch seyn würde, so scheinen wir doch noch davon entfernt, letztere über die ganze Erde zu verfolgen, wie dieses am besten aus den abweichenden Bestimmungen verschiedener Naturforscher hervorgeht. So fallen nach der Charte von Erman [71]) die Punkte, auf denen die Intensität in jedem Meridiane am kleinsten ist, in dem östlichen Theile des großen Oceanes, so wie in Südamerica nahe mit der Linie ohne Neigung zusammen, dagegen giebt die Charte von Hansteen [72]) Größen, welche davon bedeutend abweichen. Werden nämlich diejenigen Punkte verbunden, an denen die Intensität dieser Zeichnung zufolge am kleinsten zu seyn scheint, so erhalten wir eine Linie, welche den Aequator etwa in dem Meridiane der Marquesas-Inseln (235° östlich von Ferro) schneidet, von hier senkt sie sich in die südliche Halbkugel und erreicht die Westküste America's etwas nördlich von Truxillo (70° S), beginnt im Innern America's sich schneller zu senken und durchschneidet die Küste Brasiliens

71) Poggendorff's Annalen XXI. Taf. II.

72) Das. XXVIII. Taf. VII.

Digitized by Google

nördlich von Porto Seguro (etwa 15° S) und erreicht ihren größten Abstand vom Aequator (etwa 22° S) an der Westküste Africas; von hier hebt sie sich gegen Norden, geht durch Madagascar und den südlichen Theil Sumatra's hindurch und bildet im östlichen Theile Borneo's (etwa 135° östlich von Ferro) einen zweiten Knoten mit dem Aequator. Von hier in die nördliche Halbkugel steigend erreicht sie etwa 185° östlich von Ferro im Meridiane der neuen Hebriden ihren Scheitel in 15° N, worauf sie sich gegen Süden zu dem zuerst erwähnten Knoten senkt. Die Linie der kleinsten Intensität weicht demnach von der Linie ohne Neigung ab. Nur in dem östlichen Theile des großen Oceanes, von dem Meridiane der Marquesas-Inseln an und in Südamerica fallen beide nahe zusammen, indem sie in einem Abstande von wenigen Graden neben einander fortlaufen und sich hier mehrmals durchschneiden: Differenzen, welche ihren Grund wohl darin haben mögen, daß beide Elemente, namentlich die Intensität, noch nicht hinreichend verfolgt sind. Von der Ostküste America's an entfernen sich aber beide Linien von einander, die ohne Neigung hebt sich gegen Norden, die der kleinsten Intensität senkt sich gegen Süden, und der Abstand beider beträgt in dem Meridiane des Kanales von Mozambique mehr als 30° in der Breite; beide nähern sich hier auch wieder und durchschneiden sich zwischen den Marianen und Carolinen.

Um die Verhältnisse der Intensität auf der Erdoberfläche zu übersehen, können wir die Orte verbinden, an denen dieses Element gleich ist, und erhalten dadurch die Linien gleicher Intensität, isodynamische Linien. Die kleinste Intensität, indem wir von der Einheit v. Humboldt's ausgehen, ist von Erman aufgefunden worden, sie ist 0,75, welches wahrscheinlich nur wenig von dem absoluten Minimum abweicht [73]); Hansteen meint, das kleinste Minimum möge etwa im Meridiane der Capstadt liegen und 0,8 betragen [74]). Leider ist es bis jetzt noch nicht möglich, diesen Punkt mit Schärfe zu bestimmen, da es von der Ostküste America's bis Van-Diemens-Land ganz an Beobachtungen fehlt. Ich will die Lage einiger dieser Linien nach Hansteen angeben:

1)

73) Poggendorff's Annalen XXI, 141.

74) Das. XXVIII, 582.

1) Die isodynamische Linie 0,9 ist eine in sich geschlossene Linie. Bei Rio Janeiro vorbeigehend hebt sie sich gegen Nordwesten, bis sie in der Breite von 10° und dem Meridiane von 321° östlich von Ferro ihren westlichsten Punkt erreicht; nach Osten zurückkehrend und auf dem Parallelkreise von 11° fortlaufend, hebt sie sich im westlichen Theile des atlantischen Meeres nach Norden; läuft bei den Inseln Ascension und St. Thomas vorbei und durchschneidet den Aequator an Africa's Westküste, etwa im Meridian von 30° östlich, sie scheint sich im Innern Africa's wenig vom Aequator zu entfernen und etwa in der Mitte des indischen Meeres den Aequator aufs Neue zu durchschneiden. Bei den sundischen Inseln muß sie nach Westen zurückkehren, da östlich von ihnen die Intensität schon größer wird. Sie scheint von hier nach Java zu gehen und sich dann in den südlichen Theil des atlantischen Meeres zu wenden (wo ihr Scheitel vielleicht im Meridiane des Caps in einer Breite von 46° liegt) und von hier wieder nach Rio Janeiro zurückzukehren.

2) Die isodynamische Linie 1,0 scheint ebenfalls noch eine in sich zurücklaufende Linie zu seyn und sich nicht um die ganze Erde zu bewegen. Sie durchschneidet America's Ostküste etwa in der Breite von 30° und in dem Meridiane 326° östlich von Ferro, sie hebt sich gegen Nordwesten, kehrt aber einige Grade östlich von Truxillo nach Nordosten zurück und läuft in der südlichen Halbkugel in geringer Entfernung vom Aequator fort, bis sie letztern etwa 350° östlich von Ferro durchschneidet, die Westküste Africa's am Palmen-Cap trifft und, sich nun nach Norden hebend, ihren nördlichen Scheitel im Innern Africa's etwa in einer Breite von 15° zu erreichen scheint. Sie durchschneidet bei ihrem weitern Fortgange den südlichen Theil des rothen Meeres, geht durch den südlichen Theil Ceylons und scheint etwa im Meridiane von Calcutta in einer Breite von 5° N einen südlichen Scheitel zu haben. Von hier hebt sie sich schwach gegen Norden, geht durch die Nordspitze Sumatra's, die Philippinen und hat etwa im Meridiane der neuen Hebriden in etwa 26° N einen nördlichen Scheitel. Von hier sich gegen Süden senkend, durchschneidet sie den Aequator etwa 251° östlich von Ferro, kehrt aber in einer Länge von 257° gegen Osten zurück, hebt sich bei ihrem Fortgange nach Westen langsam gegen den Aequator, welchen sie in der Länge von 210°

durchschneidet, hat im Meridiane der neuen Hebriden in etwa 5° bis 6° N einen neuen Wendepunkt; sich nun gegen Südwesten senkend, schneidet sie den Aequator in etwa 161° O, geht durch Neu-Guinea, nördlich von Timor vorbei und senkt sich sodann gegen Südwesten hinab, sich wahrscheinlich durch das indische und atlantische Meer nach dem an der Ostküste Süd-America's liegenden Zweige bewegend.

Wenn die Intensität den Werth von etwa 1,1 erreicht, so finden wir bereits in der nördlichen Halbkugel, so wie in der südlichen, eine zugehörige isodynamische Linie, welche in sich selbst zurückläuft, jedoch sind nur die in der nördlichen Halbkugel genauer verfolgt worden; von den in der südlichen Halbkugel liegenden sind nur einzelne Stücke bekannt. Diese Linien haben das Eigenthümliche, daß sie sich von der Westküste des americanischen Continentes schnell gegen seine Ostküste herabsenken, hierauf sich schnell gegen Norden heben, an der Westküste Europa's ihren Scheitel erreichen, sich sodann im Innern Asiens gegen Süden senken und gegen die Westküste America's aufs Neue heben. Es erreicht demnach auf einem Parallelkreise die Intensität im Inneren Asiens und nahe an der Ostküste America's ihr Maximum, im westlichen Europa und America ihr Minimum. Um den Verlauf dieser Linien einigermaßen zu übersehen, will ich einige nach der Charte von Hansteen angeben.

Die isodynamische Linie 1,3 durchschneidet etwa in der Breite von 13° N die Republik Guatimala und erreicht hier ihren niedrigsten Scheitel; von hier gegen Osten durch das Caraibenmeer durchgehend, erhebt sie sich anfänglich langsam nach Norden und durchschneidet den Parallelkreis von 20° etwa 5° westlich von Ferro; sie erhebt sich nun schneller, fast genau nach NO fortlaufend, geht zwischen Madera und den canarischen Inseln hindurch über Madrid und Wien und erreicht zwischen letzterm Orte und Nicolajef ihren nördlichen Scheitel, etwa in der Breite von 49° und in dem Meridiane von Abo (40° O von Ferro). Von hier senkt sie sich nach Süden, läuft bei Stauropol vorbei und durch den südlichen Theil des caspischen Meeres und scheint nördlich vom Golf von Bengalen, etwa in der Breite von 27°, ihren südlichen asiatischen Scheitel zu erreichen. Von hier sich nach Norden erhebend, scheint sie südlich von Korea und dann durch

die Insel Niphon zu laufen und etwa im Meridiane des östlichen Kamtschatka (180° bis 190° östlich von Ferro) auf dem Parallelkreise von 45° N ihren zweiten nördlichen Scheitel zu erreichen, und von hier senkt sie sich langsam gegen Südosten nach Guatimala.

Die isodynamische Linie von 1,5 durchschneidet die Westküste Californiens in einer Breite von etwa 33° N und senkt sich dann gegen Südost, wo sie etwa im Meridiane der Havannah (65° westlich von Ferro) in einer Breite von 25° ihren südlichen Scheitel erreicht. Anfänglich sich nur wenig von einem Parallelkreise entfernend, hebt sie sich schnell nach Nordost, streicht bei dem südöstlichen Theile von Island vorbei und erreicht im Meridiane von Spitzbergen, etwas nördlich vom Nord-Cap (etwa 73° N), ihren nördlichen Scheitel; gegen Südost sich senkend, geht sie zwischen Novaja-Semlia und dem weißen Meere, dann zwischen Tobolsk und Perm fort und scheint in dem Meridiane von Irkutzk (125° östlich von Ferro), etwa in der Breite von 41°, ihren südlichen Scheitel zu erreichen. Sich von hier gegen Nordost erhebend, geht sie durch das ochozkische Meer und die südliche Hälfte Kamtschatka's und erreicht etwa im Meridiane der Fuchsinsel (190° O) in einer Breite von 56° ihren zweiten nördlichen Scheitel, von welchem sie sich nach Californien bewegt.

Die isodynamische Linie 1,7 trifft die Westküste America's etwas südlich von Vancouver's-Insel (48° N), senkt sich gegen Südosten und erreicht ihren südlichen Scheitel an der Ostküste des neuen Continentes, etwa in der Breite von 35½°; sie erhebt sich schnell gegen Nordost, späterhin gegen Nord, indem sie durch das Meer zwischen Neufundland und America und durch den östlichen Theil Labradors hindurchgeht; sie durchschneidet mehrfach die Krümmung des westlichen Ufers der Baffinsbai und scheint nun nahe beim Erdpole vorbeizugehen, von welchem sie fast genau nach Süden fortstreichend, etwa im Meridiane von Irkutzk in das asiatische Festland tritt, und hier erreicht sie etwas nördlich vom Baikal-See, etwa in der Breite von 57° N, ihren südlichen Scheitel, und sich von hier gegen Nordosten erhebend, erreicht sie im Lande der Tschuktschen ihren nördlichen Scheitel, von welchem sie sich gegen den vorher erwähnten Punkt an der Westküste America's bewegt.

Alle Linien, welche Intensitäten verbinden, die etwas größer sind als 1,7, scheinen sowohl in America als im nördlichen Asien in sich selbst zurücklaufende Curven zu seyn, so daß wir also zwei solche Systeme in der Nähe des Nordpoles finden, von denen jedes einen Mittelpunkt der größten Intensität hat und nach welcher Richtung wir von diesen Punkten auch ausgehen mögen, so ist sie stets kleiner. Der stärkste dieser beiden Punkte scheint in America zu liegen, wie dieses durch die Gestalt der Linien bewiesen wird. Die größte hier beobachtete Intensität ist 1,801 in Neu-York, und diese Größe scheint sich nicht sehr bedeutend von dem absoluten Maximum zu entfernen.

In der südlichen Halbkugel sind diese Linien weniger bekannt; wir wissen nur, daß sie sich von der Westküste Südamerica's sehr schnell gegen die Ostküste und von der Ostküste Neuhollands schnell gegen seine Westküste senken, dergestalt, daß wir annehmen müssen, daß westlich von Südamerica und östlich von Neuholland zwei Maxima der Intensität liegen.

Hansteen macht zugleich auf den Umstand aufmerksam, daß die Intensität im Ganzen genommen auf der nördlichen Halbkugel größer ist, als auf der südlichen. Düperrey, dessen Linie kleinster Intensitäten von der sich aus Hansteen's Zeichnung ergebenden abweicht, berechnete ebenfalls die Oberfläche einer jeden magnetischen Halbkugel, und fand, daß sich die Oberfläche der nördlichen zu der der südlichen verhält wie 1 : 1,0154, und eben so verhält sich die totale Intensität der nördlichen Halbkugel der Erde zu der der südlichen wie 1 : 1,0152. Moser, welchem wir eine treffliche Arbeit über diesen Gegenstand verdanken, geht von der Thatsache aus, daß die mittlere Inclination am Aequator 1° 16′ S betrage, und findet, die magnetische Vertheilung der südlichen Halbkugel sey 1,072, wenn die der nördlichen als Einheit angesehen wird [75]).

Bei Aufsuchung der Ursachen, durch welche die an der Magnetnadel beobachteten Erscheinungen hervorgebracht werden, ist die sich zuerst darbietende Vorstellung die, daß wir ins Innere der Erde eine oder mehrere Magnet-Axen verlegen und die ihnen zugehörigen Pole und deren Intensität aufsuchen; wird die Arbeit

75) Poggendorff's Annalen XXXIV, 76.

Digitized by Google

für mehrere Epochen vorgenommen, so lernen wir daraus die Bewegung dieser Axen kennen, und nun erst, nachdem wir eine genaue Kenntniß der Gesetze erlangt haben, nach denen die Erscheinungen erfolgen, vermögen wir es, das Wesen der dabei thätigen Kräfte zu untersuchen.

Wenn wir die Magnetpole der Erde aufsuchen wollen, so haben wir dieselben Versuche anzustellen, welche gemacht werden, wenn wir den anziehenden Mittelpunkt auf jeder Hälfte eines Stahlstabes bestimmen wollen. Eine Magnetnadel wird rings um diesen Stab geführt und ihre Stellung beobachtet; da wo sich ihre Intensität und namentlich ihre Richtung für kleine Entfernungen sehr schnell ändert, da liegt der Pol; wenn gleich genauere Rechnungen zeigen, daß man auch auf die Wirkung des entferntern feindschaftlichen Poles Rücksicht nehmen müsse, so können wir doch vorläufig als der Wahrheit nahe kommend denjenigen Punkt als Mittelpunkt der angehenden Kräfte ansehen, wo sich die Linien durchschneiden, welche in der Verlängerung der an verschiedenen nahe liegenden Punkten aufgestellten Nadel nach dem Stabe gezogen werden. Und eben so ist es auch hier. Der Magnetpol der Erde liegt in der Nähe derjenigen Gegenden der Erde, wo die Intensität einen großen Werth hat und wo sich Neigung und Abweichung für geringe Distanzen schnell ändern.

Hansteen suchte aus den Richtungen der Declinationsnadel die Convergenzpunkte [76]), d. h. diejenigen Punkte, nach welchen die in der Nähe aufgestellte Nadel zeigte, herzuleiten. Solcher Punkte fand er vier auf, und wir sehen uns darnach genöthigt, der Erde vier magnetische Pole zu geben. Diese vier Punkte liegen in der Nähe der Hudsonsbai, südlich von Van-Diemens-Land, im sibirischen Eismeere und im großen Oceane unweit des Feuerlandes.

---

76) Hansteen Untersuchungen S. 180. Man hat öfter geglaubt, Hansteen sehe diese Punkte als die eigentlichen Pole an, er sagt aber ausdrücklich: Ob diese Punkte die eigentlichen Magnetpole seyen, können wir noch nicht bestimmen, sondern wir wollen sie vorläufig nur die magnetischen Convergenzpunkte nennen.

Digitized by Google

Für die Lage des unweit Van-Diemens-Land liegenden Convergenzpunktes giebt Hansteen folgende Größen:

Jahr	Abstand vom Pole	Länge östlich von Greenwich
1773	20° 33',5	136° 15',4
1642	18. 55,0	146. 29

Für die Lage des beim Feuerlande liegenden:

Jahr	Abstand vom Pole	Länge östlich von Greenwich
1774	12° 43',2	256° 43'
1670	15. 53	265. 26
1586	. . . . .	287. 0

Beide Convergenzpunkte bewegen sich also entschieden nach Westen. Für die Lage des in Nordamerica liegenden Punktes giebt Hansteen:

Jahr	Abstand vom Pole	Länge östlich von Greenwich
1769	19° 45'	259° 58'
1730	19. 12,7	251. 54

Der vierte im sibirischen Eismeere befindliche Punkt hat folgende Lage:

Jahr	Abstand vom Pole	Länge östlich von Ferro
1805	4° 36'	137° 7',5
1770	4. 17	119. 9,5

Es bewegen sich demnach beide Nordpole von Westen nach Osten. Von diesen Convergenzpunkten ist indessen nur die Existenz des in Nordamerica liegenden von Parry hinreichend erwiesen worden. Als er nämlich im Jahre 1819 nach Westen fuhr, so wurde die Abweichung immer westlicher, je weiter er vorrückte, und verwandelte sich endlich in eine östliche. So fand er folgende Größen [77]):

77) Magazin for Naturvidenskaberne I, 22.

Digitized by Google

Tag	Breite	Länge westlich von Greenwich	Abweichung
August 3	74° 25′	80° 8′	106° 58′ W
7	72. 45	89. 41	118. 16
13	73. 11	89. 23	114. 17
15	73. 33	88. 18	115. 37
22	74. 40	91. 47	128. 58 W
28	75. 9	103. 45	165. 50 O
Sept. 1	75. 3	105. 55	158. 4
2	74. 58	107. 3	151. 30 O

Dieser Tafel nach muß Parry zwischen dem 22sten und 28sten August nördlich von dem Convergenzpunkte fortgefahren seyn, indem der Nordpol der Nadel hier genau nach Süden zeigen mußte, was vielleicht in der westlichen Länge von 95 bis 100 Graden geschah. Hansteen giebt für dieses Jahr die Länge von 90° [78]), was sich wenig von der Wahrheit entfernt. Im Jahre 1831 machte Roß in der Breite von 70° 5′ N und in der Länge von 96° 46′ westlich von Greenwich eine Reihe von Beobachtungen, aus denen sich ergab, daß er höchstens nur einige Meilen von dem Magnetpole entfernt seyn konnte [79]). Weniger hat man sich den übrigen Punkten genähert, jedoch sind Erman [80]) und Hansteen [81]), ihren in Sibirien gesammelten Erfahrungen zufolge, darin einverstanden, daß auch hier ein solcher anziehender Punkt liege.

Daraus, daß sich beide Nordpole nach Osten, beide Südpole nach Westen bewegen, die beiden Axen mithin eine Drehung nach ähnlichen Richtungen ausführen, ergeben sich die beobachteten Säcularveränderungen in der Richtung der frei schwebenden Magnetnadel, wie dieses Hansteen in seinem Werke sehr ausführlich gezeigt hat. Indem er jedoch die Lage und das Kraftverhältniß beider Axen genauer zu bestimmen suchte, und daraus Abweichung und Neigung an verschiedenen Orten herleitete, zeig-

78) Untersuchungen S. 105.

79) Philosophical Trans. 1834. p. 47.

80) Poggendorff's Annalen XXI, 132.

81) Das. XXI, 375.

ten sich zwischen den beobachteten und berechneten Größen mehr oder minder große Verschiedenheiten, und Hansteen folgerte daraus, daß die Hypothese von zweien lineären Magneten unzulänglich sey, um den Erscheinungen zu genügen [82]).

Beim jetzigen Zustande unserer Kenntnisse über das Wesen der Electricität und des Magnetismus dürfen wir kaum noch die Hypothese aufstellen, daß im Innern der Erde bewegliche Axen befindlich seyen, welche aus den eigentlich magnetischen Metallen, Eisen, Kobalt und Nickel, bestehen; eine solche Vorstellung, welche dem Mathematiker erlaubt ist, wenn er zunächst die Gesetze der Erscheinung bestimmen will, wird durch die bekannte mittlere Dichtigkeit des Erdkernes widerlegt und findet auch darin eine geringe Stütze, daß alle Körper unter Umständen des Magnetismus fähig sind. Wir müssen demnach der ganzen Erde die Eigenschaft zuschreiben, die an der Magnetnadel beobachteten Erscheinungen hervorzubringen, es sind keine lineären Axen, welche dabei thätig sind, es ist die ganze Masse, welche auf die erwähnte Art wirkt. Die Verbindung der heterogenen Theile der Erdrinde so wie die Temperaturverschiedenheit derselben muß nothwendig electrische und damit magnetische Ströme hervorrufen, und die Nadel erhält daher an jedem Orte eine davon abhängige Stellung. Wäre die Wärme eines jeden Punktes blos eine Function der Breite, so würde die Neigung an allen Punkten eines Parallelkreises gleich seyn, die Nadel allenthalben nach Norden zeigen. So aber haben wir gesehen, daß die Isothermen bedeutende Biegungen erleiden und daß wir eine große Kälte gerade in denjenigen Gegenden finden, wo die Magnetpole zu liegen scheinen.

Diese Analogie zwischen Wärme und magnetischen Erscheinungen ist bereits mehrfach zur Erklärung der letzteren benutzt worden, und in der That zeigen sich dabei soviel Anhaltpunkte, daß es nur noch genauer Beobachtungen, namentlich über die Vertheilung der Wärme bedarf, um die Abhängigkeit beider quantitativ auszudrücken und so die magnetischen Phänomene als Functionen der Temperatur anzusehen. Hansteen machte zuerst auf die Aehnlichkeit der Isoclinen und Isothermen

82) Hansteen Untersuchungen S. 392.

Digitized by Google

aufmerksam [83]) und Brewster hielt Kältepole und Magnetpole für identisch [84]). Späterhin erwähnte Hansteen diesen Zusammenhang in mehreren Abhandlungen, namentlich zeigte er, daß beim americanischen, sibirischen, so wie dem in der Nähe des Feuerlandes liegenden Pole eine sehr niedrige Temperatur herrsche, er glaubt jedoch nicht, daß wir im Stande seyen, die magnetischen Phänomene aus der Temperatur herzuleiten, da man wieder fragen könne, worin die niedrige Wärme gedachter Gegenden ihren Grund habe, sondern er ist der Ansicht, daß die größere magnetische Intensität, die niedrigere Temperatur und das Polarlicht eine gemeinschaftliche dynamische Ursache im Innern der Erde haben [85]). Nach demjenigen indessen, was ich früher erwähnt habe, scheint es mir sehr wahrscheinlich, daß diese Biegung der Isothermen aus der Combination der übrigen meteorologischen Erscheinungen folge, und es bleibt daher nur noch die Abhängigkeit des einen Phänomenes vom andern zu entwickeln.

Niemand hat bisher diesen Gegenstand so ausführlich betrachtet, als Moser, welchem wir zwei schöne Abhandlungen darüber verdanken [86]). Es waren besonders diese beiden Arbeiten, welche mich bewogen haben, die wichtigsten Gesetze des Erdmagnetismus im vorliegenden Werke zu behandeln. Darnach dürfen wir der Erde keine eigentlichen Axen geben, sondern die ganze Erdrinde ist magnetisch, und zwar rührt dieser Erdmagnetismus nicht etwa von Eisentheilen her, weil dann eine Temperaturerhöhung die magnetische Kraft verstärken würde, während alle Phänomene auf eine dadurch bewirkte Schwächung deuten. Die magnetische Kraft ist vielmehr jeder Materie, welche zum Ganzen des Erdkörpers gehört, ursprünglich inwohnend, gerade wie die allgemeine Attraction, aber wahrscheinlich nur so lange sie dazu gehört. Der einzelne vom Ganzen getrennte Körper zeigt die magnetische Kraft nicht, deshalb, weil die beiden Arten von

---

83) Hansteen Untersuchungen S. XII.

84) Edinb. Journ. of Science N. S. IV, 315. Poggendorff's Annalen XXI, 323. Eine ähnliche Ansicht äußert auch Kupffer in Poggendorff's Annalen XV, 190.

85) Poggendorff's Annalen XXVIII, 585.

86) Das. XXVIII, 49. und XXXIV, 63.

Digitized by Google

Magnetismus sich nur in ihm verbinden. Daraus erklärt sich das Phänomen der Zunahme der absoluten magnetischen Intensität von dem Aequator zu den Polen, es ist nämlich die Decrescenz der Wärme nach derselben Richtung. Außer dieser allgemeinen Vertheilung der Intensität auf der Erde, läßt sich auch die specielle, an verschiedenen Orten geltende, vorhersagen; sie muß in Uebereinstimmung mit der Vertheilung der Wärme seyn, und diese Uebereinstimmung ist in der That auffallend. Von der Ostküste America's steigen die Linien gleicher Wärme, wie die gleicher Kraft, bis zur Westküste Europa's, wo sie ihr Maximum erreichen; hierauf senken sie sich beide bis in Asien, so daß sie in Asien und America eine concave Gestalt haben, an den Westküsten der alten und neuen Welt eine convexe [87]). Stimmen aber gleich beide Linien in ihrem allgemeinen Verhalten überein, so zeigen sich doch Differenzen; wir dürfen dabei indessen nicht vergessen, daß künftige Beobachtungen wahrscheinlich noch zu Aenderungen in der Gestalt der Isothermen nöthigen werden und daß das tiefer in der Erde liegende Phänomen der magnetischen Intensität nicht blos von der Temperatur des Beobachtungsortes, sondern auch von der Vertheilung der Wärme in einem Raume von größerm oder geringerm Umfange abhängt.

Eben so leitet Moser aus dieser Ansicht die Neigung und Declination her. Gesetzt nämlich, die Erde erhielte eine gleichmäßige Zu- oder Abnahme der Temperatur, so würde die Intensität überall kleiner werden im ersten, und größer im zweiten Falle, die Neigung dagegen würde unverändert bleiben. Aus der gegenwärtig Statt findenden Vertheilung der Temperatur kann aber kein Parallelismus zwischen Isoclinen und Isodynamen Statt finden, indem die Neigung durch die Vertheilung im Meridiane bestimmt wird. Es seyen A und B zwei Orte, deren Neigung und Kraft bekannt sind; es sey nördlich von beiden die Temperatur gleich, südlich von A sey sie aber größer als südlich von B, so wird in A eine geringere Inclination und Intensität seyn, als in B. Wenn südlich von beiden Orten dieselbe Temperatur ist, nördlich von A dagegen eine niedrigere Temperatur als nördlich von B, so wird die Inclination von A geringer, die Kraft aber größer

87) Poggendorff's Annalen XXVIII, 286 folg.

Digitized by Google

seyn, als in B. Ist die Temperatur sowohl nördlich als südlich von A höher als bei B, so wird die Inclination an beiden Orten dieselbe seyn, die Intensität aber in A geringer als in B. Hieraus folgt sogleich, daß die Inclination an zwei Orten, die in derselben Breite liegen, dieselbe seyn kann, trotz dem, daß der eine in einem convexen Theile der Isothermen, der andere in einem concaven liegt, ferner, daß die Isoclinen sich weniger krümmen werden, als die Isodynamen, und daß die Maxima und Minima der ersteren zwischen denen der zweiten liegen werden.

Die Declination wird besonders durch die Temperaturverhältnisse der östlich und westlich liegenden Orte bestimmt. Denkt man sich nämlich eine Declinationsnadel zwischen zwei Scheiteln der isodynamischen, so werden die ablenkenden Ursachen östlich wie westlich gleich seyn und die Nadel mithin nach Norden zeigen, und die Linien ohne Abweichung werden also im Allgemeinen sowohl durch die Maxima als die Minima der Isodynamen gehen. Nähert man sich von einer solchen Linie aus einem in Osten liegenden convexen Scheitel der isodynamischen Linie, so wird, wegen des Uebergewichtes der Wärme auf der östlichen Seite, der Nordpol der Nadel nach der entgegengesetzten Seite weichen, die Declination also westlich werden. Innerhalb dieses Scheitels wird wiederum die Declination verschwinden, und wenn man von ihm nach Osten geht, so wird die Abweichung östlich werden.

Sehen wir diese Ansicht als naturgemäß an, daß es nur die Erdoberfläche ist, welche magnetische Kraft besitzt und daß sich selbst diese Kraft nur bis zu einer geringen Tiefe erstrecke. Da nun die Wärme des Bodens allen Erfahrungen zufolge sehr schnell zunimmt, wenn wir unter die Oberfläche steigen [88]), so folgt daraus, daß bei einer gewissen Tiefe die Unterschiede der Wärme in den verschiedenen Meridianen gänzlich aufhören und von der daselbst herrschenden höhern Temperatur gleichsam absorbirt werden; es kann demnach zwischen den thermischen und magnetischen Phänomenen keine Uebereinstimmung Statt finden, außer in dem Falle, wo der Kern der Erde, welcher gegen die Temperaturunterschiede in derselben Breite völlig gleichgültig ist, auch keine magnetische Kraft mehr besitzt [89]).

89) Poggendorff's Annalen XXXIV, 64.

Mofer hat es versucht, vermöge der eben entwickelten Hypothese einige der Erscheinungen quantitativ zu bestimmen, und es geht aus seiner Untersuchung hervor, daß es nur noch einer genauern Messung sämmtlicher dabei zu berücksichtigender Elemente bedarf, um dahin zu gelangen, wohin eine jede Hypothese führen muß. Er geht dabei von der einfachen Vorstellung aus, daß die magnetische Vertheilung auf der Erde dem Sinus der Breite proportional sey. Ist φ die Breite und befindet sich irgendwo in der Erde ein angehendes Theilchen in der Breite φ_1 und in der Entfernung $r - \varrho$ vom Mittelpunkte, so würde seine Intensität proportional mit $\sin \varphi_1$ seyn, wofern es sich an der Oberfläche befände; ändert sich aber diese Größe mit der Tiefe, so können wir sie mit $f(r - \varrho) \sin \varphi_1$ proportional setzen, wo $f(r - \varrho)$ eine solche Function ist, daß sie für $\varrho = r$ gleich der Einheit wird. Ist η das Stück eines größten Kreises, welches zwischen dem anziehenden und dem angezogenen Punkte liegt, und α das Azimuth des anziehenden Theiles, so ist

$$\sin \varphi_1 = \sin \varphi \cos \eta + \cos \varphi \sin \eta \cos \alpha$$

und daher die Intensität des anziehenden Punktes

$$f(r - \varrho)(\sin \varphi \cos \eta + \cos \varphi \sin \eta \cos \alpha).$$

Die geradlinige Entfernung beider Punkte ist

$$(r^2 - 2r\varrho \cos \eta + \varrho^2)^{\frac{1}{2}}$$

und somit die Gesammtanziehung aller magnetischen Theile der Kugel nach der Verticalen zerlegt

$$N = \iiint \frac{(r - \varrho \cos \eta) \sin \eta \sin \varphi f(r - \varrho) \varrho^2 d\varrho d\eta d\alpha}{(r^2 - 2r\varrho \cos \eta + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (I)$$

wo $\sin \eta \varrho^2 d\varrho d\eta d\alpha$ die Größe des Elementes der Kugel bedeutet. Ferner ist dieselbe Anziehung nach der Horizontalen im Meridiane des Ortes zerlegt

$$H = \iiint \frac{\cos \alpha . \sin^2 \eta \sin \varphi f(r - \varrho) \varrho^3 d\varrho d\eta d\alpha}{(r^2 - 2r\varrho \cos \eta + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (II)$$

Endlich ist die Anziehung nach der Horizontalen auf dem Meridiane senkrecht stehenden Richtung

$$S = \iiint \frac{\sin \alpha \sin^2 \eta \sin \varphi f(r - \varrho) \varrho^3 d\varrho d\eta d\alpha}{(r^2 - 2r\varrho \cos \eta + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (III)$$

Digitized by Google

Diese Integrationen erstrecken sich für ϱ von 0 bis r
η von 0 bis π
α von 0 bis 2π

Hier wird der Werth von $S = 0$. Nehmen wir die Integration für α in N und H vor, so wird

$$N = 2\pi \sin\varphi \iint \frac{(r - \varrho\cos\eta)\sin\eta\cos\eta\, f(r-\varrho)\varrho^2\, d\varrho\, d\eta}{(r^2 - 2r\varrho\cos\eta + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$H = \pi\cos\varphi \iint \frac{\sin^3\eta \,.\, f(r-\varrho)\varrho^3\, d\varrho\, d\eta}{(r^2 - 2r\varrho\cos\eta + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}}$$

Setzen wir hier

$$r^2 - 2r\varrho\cos\eta + \varrho^2 = x^2$$

$$\sin\eta d\eta = \frac{x\,dx}{r\varrho}$$

$$\cos\eta = \frac{r^2 + \varrho^2 - x^2}{2r\varrho}$$

so wird

$$\int_0^\pi \frac{(r - \varrho\cos\eta)\cos\eta\sin\eta d\eta}{(r^2 - 2r\varrho + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$= \varrho \int_0^\pi \frac{\sin^3\eta d\eta}{(r^2 - 2r\varrho\cos\eta + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{4\varrho}{3r^3}$$

Setzt man in (I) φ und $\alpha = 90^0$, in (II) φ und $\alpha = 0$, so wird

$$N = \frac{8\pi\sin\varphi}{3r^3} \int \varrho^3 f(r-\varrho)\, d\varrho$$

$$H = \frac{4\pi\cos\varphi}{3r^3} \int \varrho^3 f(r-\varrho)\, d\varrho$$

oder

$$\left.\begin{aligned} N &= 2\pi\, A \,.\, \sin\varphi \\ H &= \pi\, A \,.\, \cos\varphi \end{aligned}\right\} \ldots\ldots (a)$$

Hieraus ergiebt sich für die Inclination

$$\text{tang } J = 2 \text{ tang } \varphi \qquad (b)$$

und für die Intensität

$$K = \frac{A\cos\varphi}{\cos J} = \frac{2A\sin\varphi}{\sin J} \qquad (c)$$

Digitized by Google

Diese Gleichungen werden etwas umgeändert, wenn wir die magnetische Kraft nur in die Oberfläche verlegen. Setzen wir nämlich $r = \varrho$, so verwandeln sich dieselben in

$$N = \iint \frac{\sin\eta\,(\sin\varphi\cos\eta + \cos\varphi\sin\eta\cos\alpha)\,d\alpha\,d\eta}{2^{\frac{1}{2}}(1-\cos\eta)^{\frac{1}{2}}} \quad \text{(IV)}$$

$$H = \iint \frac{\cos\alpha\sin^2\eta\,(\sin\varphi\cos\eta + \cos\varphi\sin\eta\cos\alpha)\,d\alpha\,d\eta}{2^{\frac{3}{2}}(1-\cos\eta)^{\frac{3}{2}}} \quad \text{(V)}$$

$$S = \iint \frac{\sin\alpha\sin^2\eta\,(\sin\varphi\cos\eta + \cos\varphi\sin\eta\cos\alpha)\,d\alpha\,d\eta}{2^{\frac{3}{2}}(1-\cos\eta)^{\frac{3}{2}}} \quad \text{(VI)}$$

Bestimmen wir hier die Anziehung eines beliebigen Stückes der Kugel, nehmen also die Integrationen von α_1 bis α und von η_1 bis η vor, so wird

$$N = (\alpha-\alpha_1)\sin\varphi\,.\,P + \cos\frac{\alpha+\alpha_1}{2}\,.\,\sin\frac{\alpha-\alpha_1}{2}\cos\varphi Q$$

$$H = \cos\frac{\alpha+\alpha_1}{2}\,.\,\sin\frac{\alpha-\alpha_1}{2}\sin\varphi P_1 + \left\{\alpha-\alpha_1+\cos(\alpha+\alpha_1)\sin(\alpha-\alpha_1)\right\}\cos\varphi Q_1 \quad \text{(A)}$$

$$S = \sin\frac{\alpha+\alpha_1}{2}\,.\,\sin\frac{\alpha-\alpha_1}{2}\sin\varphi P_1 + \sin(\alpha+\alpha_1)\sin(\alpha-\alpha_1)\cos\varphi Q_1$$

wo

$$P = \cos\frac{\eta+\eta_1}{4}\sin\frac{\eta-\eta_1}{4} + \tfrac{1}{3}\cos^3\frac{\eta+\eta_1}{4}\sin^3\frac{\eta-\eta_1}{4}$$

$$Q = 2\sin\frac{\eta+\eta_1}{4}\sin\frac{\eta-\eta_1}{4} + \tfrac{2}{3}\sin^3\frac{\eta+\eta_1}{4}\sin^3\frac{\eta-\eta_1}{4}$$

$$P_1 = \log.\tan\frac{\eta}{4} - \log.\tan\frac{\eta_1}{4} - 6\sin\frac{\eta+\eta_1}{4}\sin\frac{\eta-\eta_1}{4} - \tfrac{2}{3}\sin^3\frac{\eta+\eta_1}{4}\sin^3\frac{\eta-\eta_1}{4}$$

$$Q_1 = \tfrac{2}{3}\cos\frac{\eta+\eta_1}{4}\sin\frac{\eta-\eta_1}{4} + \tfrac{1}{6}\cos^3\frac{\eta+\eta_1}{4}\sin^3\frac{\eta-\eta_1}{4}$$

Suchte man hieraus die Anziehung der ganzen Kugel, indem man von $\eta_1 = 0$ bis $\eta = \pi$ und von $\alpha_1 = 0$ bis $\alpha = 2\pi$ integrirte, so würde man wegen der Annahme $r = \varrho$ ganz falsche Resultate erhalten; man darf daher erst im Endresultate den Werth $\varrho = r$ anwenden. Aus der Gleichung (A) erhalten wir für den Aequa-

Digitized by Google

tor als Resultat der anziehenden Kräfte einer Halbkugel $N = \frac{4}{3}$, $H = \frac{2\pi}{3}$. Nun zeigt aber die Erfahrung, daß die mittlere Neigung am Aequator nicht $= 0$ ist, sondern daß wir hier im Mittel eine Inclination von 1° 16′ S finden, ein Beweis, daß die nördliche Halbkugel weniger stark anzieht. Setzen wir also die magnetische Vertheilung in der nördlichen Halbkugel gleich $\sin \varphi$ und in der südlichen gleich $c \cdot \sin \varphi$, so erhalten wir für die südliche Halbkugel

$$N = \frac{4c}{3}, \quad H = \frac{2\pi c}{3}$$

und demnach am Aequator die Gesammtwirkung beider Halbkugeln nach der Verticalen $\frac{4}{3}(c-1)$ und nach der Horizontalen $\frac{2\pi}{3}(c+1)$, folglich wird die Inclination J_o

$$\text{tang } J_o = \frac{2(c-1)}{\pi(c+1)}$$

oder wenn J_o gegeben ist,

$$c = \frac{2+\pi \text{ tang } J_o}{2-\pi \text{ tang } J_o}$$

Wenden wir den Werth $J_o = 1° 16'$ an, so wird $c = 1{,}072$. Die Annahme, daß die Vertheilung beider Halbkugeln gleich sey, und welche zuerst zum Grunde gelegt werde, ist mithin unrichtig, und wir nehmen daher an, die Intensität in der Breite φ sey proportional mit $\sin \varphi - b \sin^2 \varphi$, eine Gleichung, welche für den Fall, wo wir φ auf der südlichen Halbkugel negativ nehmen, der Bedingung entspricht, daß die südliche Halbkugel einen stärkern Grad von Magnetismus besitze. Substituiren wir diesen Werth in die obigen Integrale, so wird

$$N = \frac{2\pi}{15}(20 \sin \varphi - 4b - 3b \sin^2 \varphi)$$

$$H = \frac{2\pi}{15}(10 \cos \varphi - 6b \sin^2 \varphi)$$

und daher

$$\text{tang } J = \frac{20 \sin \varphi - 4b - 3b \sin^2 \varphi}{10 \cos \varphi - 6b \sin^2 \varphi} \qquad (d)$$

$$K = \frac{H}{\cos J} = \frac{N}{\sin J} \qquad (e)$$

Digitized by Google

Setzen wir $\varphi = 0$, $J = -1^\circ\,16'$, so wird $b = 0{,}05528$. Die nach diesem Ausdrucke in verschiedenen Breiten berechneten Intensitäten und Neigungen stimmen ziemlich gut mit der Erfahrung.

Um die Abhängigkeit der magnetischen Erscheinungen von Wärmeverhältnissen zu bestimmen, bezeichne g irgend eine Intensität und es werde dieselbe in dem Verhältnisse $1 - \frac{1}{a}t$ vermindert; wenn $\frac{1}{a}$ einen constanten Factor bezeichnet, so können wir sagen, auf die Intensität wirke die Temperatur

$$a(1 - \sin\varphi \pm b\sin^3\varphi)$$

je nachdem der Ort in der nördlichen Halbkugel liegt. Um a zu bestimmen, nimmt Moser die Temperatur von 20° (16° R) in 28° Breite und findet daraus $a = 29{,}48$ für Réaumursche Grade oder 36,85 für Centesimalgrade. Um hieraus die mittlere Temperatur der nördlichen Halbkugel zu finden, wird die so eben entwickelte Formel mit $\cos\varphi d\varphi$ multiplicirt von 0 bis $\frac{1}{2}\pi$ integrirt, dann wird diese Größe $a(\frac{1}{2} + \frac{1}{3}b) = 15^\circ{,}28\,R = 19^\circ{,}10\,C$. Dieses Resultat erhält auch dadurch einige Wahrscheinlichkeit, daß nach der Zusammenstellung von Moser die im fünften Abschnitte gegebenen Ausdrücke für die Temperatur in verschiedenen Breiten nahe dieselbe Größe von 15° R geben. Die mittlere Wärme der südlichen Halbkugel wird $a(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}b)$, und wenn wir für b seinen obigen Werth setzen, so wird die mittlere Temperatur der südlichen Halbkugel 17°,41 (13°,93 R), wenn die der nördlichen 18°,75 (15° R) ist.

Bei dieser Untersuchung, nach welcher eine Temperaturerhöhung von 1° C eine Schwächung des Magnetismus von $\frac{1}{377}$ bewirkt, dürfen wir nicht übersehen, daß es die Wärme des Bodens ist, welche der Vergleichung zum Grunde liegt. Aber hiebei müssen wir die mittlere Wärme bis zu einer gewissen Tiefe nehmen, welche Moser beiläufig zu 2200 Fuß am Aequator und zu 2900 Fuß an den Polen abschätzt; die Aenderungen der Wärme, welche im Laufe des Tages und des Jahres an der Oberfläche Statt finden, werden daher den mittlern Zustand dieser ganzen Schicht wenig abändern, und so werden wir am Aequator stets eine südliche Neigung finden, obgleich die südliche Halbkugel wäh-

während der einen Jahreshälfte eine höhere Temperatur hat, als die nördliche.

Diese Temperaturverhältnisse setzen uns in den Stand, die Aenderungen in der Richtung und Stärke des Erdmagnetismus, so wie die säcularen Veränderungen derselben zu bestimmen. Beobachten wir nämlich eine empfindliche Magnetnadel, so finden wir, daß diese ihre Säcularbewegung nicht sterig verfolgt, sondern daß sie beständig kleine Oscillationen um den mittlern Meridian im Laufe des Tages und Jahres vollendet. Wer diese täglichen Oscillationen zuerst wahrgenommen habe, ist nicht entschieden. Die älteste mir bekannte Nachricht befindet sich in einem am 23. Mai 1668 geschriebenen Briefe[90]), nach welcher Sturms in Bristol im Jahre 1666 in den späteren Nachmittagsstunden eine geringere westliche Declination fand, als früher. Cotte[91]) ist der Meinung, daß Hevelius diese tägliche Periode bereits gekannt habe. Andere Gelehrte, wie Celsius[92]), Muschenbroek[93]), Hansteen[94]) und Andere, glauben, daß der Pater Tachard 1682 zu Louvo in Siam die ersten Spuren dieser täglichen Periode erkannt habe, jedoch ist van Swinden, dem wir eine ausführliche Erzählung der älteren Untersuchungen verdanken, der Meinung, es lasse sich aus seiner Beobachtung wenig folgern[95]). Die erste Reihe von Messungen, in welchen der Gang der Nadel anhaltend und regelmäßig verfolgt wurde, ist im Jahre 1722 von Graham in London gemacht worden, und er überzeugte sich, daß die Nadel nicht nur von Tage zu Tage, sondern sogar an demselben Tage von Stunde zu Stunde ihre Stellung verändere und sonach in einer anhaltenden Bewegung sey[96]); und da er zuerst die Gesetze dieser Aenderungen mit Bestimmtheit erkannte, so müssen wir ihn als den Entdecker dieser Thatsachen ansehen. In der Folge wurden die Beobachtungen an vielen Orten wiederholt, so von Canton[97]) und Gilpin[98]) in London, Cassini in Pa-

90) Philos. Trans. Vol. III. Nr. 37. S. 726. Daraus Schweigger's Jahrbuch N. R. XV, 62.
91) Cotte Mémoires II, 152.
92) Abh. der Schwed. Akademie IX, 89.
93) Musschenbroek de magnete p. 155.
94) Hansteen Untersuchungen S. 405.
95) Mémoires présentés VIII, 501.
96) Phil. Trans. XXXIII, Nr. 383. p. 96.
97) Daf. LI, 398.
98) Daf. 1806. p. 385.

ris [99]), Cotte in Montmorenci [1]), Muſſchenbroek in Leiden [2]), Engelmann in Sparendam [3]), van Swinden in Franecker [4]), Celſius, Hiorter und Wargentin in Upſala [5]), Wilke in Stockholm [6]), Bento Sanchez Dorta in Rio Janeiro [7]). Ohne hier eine Menge anderer Beobachter zu nennen, welche weniger umfaſſende Meſſungen gemacht haben, erwähne ich nur noch, daß auch die Mitglieder der meteorologiſchen Geſellſchaft zu Mannheim ihre Aufmerkſamkeit auf dieſen Gegenſtand richteten, und wir finden in ihren Abhandlungen eine Reihe Beobachtungen, welche an verſchiedenen Orten täglich dreimal gemacht wurden.

Mit dem Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts ſchien der Eifer für Beobachtungen dieſer Art erkaltet zu ſeyn, und obgleich Humboldt mehrfach auf ihre Wichtigkeit aufmerkſam machte [8]), ſo ſcheinen doch Arago in Paris, Beaufoy in Buſhey Head und Bowdich in Nordamerica die einzigen Beobachter zu ſeyn, welche regelmäßige Meſſungen machten, doch machte nur Beaufoy ſein Tagebuch ziemlich regelmäßig in den älteren Bänden der Annals of philosophy bekannt. Erſt nachdem Hanſteen ſein größeres Werk bekannt gemacht hatte, die Polarreiſen der Engländer neue Thatſachen zur Begründung der Lehre vom Erdmagnetismus lieferten, Oerſted die innige Relation zwiſchen Magnetismus und Electricität nachwies und Arago mehrmals auf die unregelmäßigen Bewegungen der Nadel zur Zeit von entfernten Polarlichtern hindeutete, ward das Intereſſe aufs Neue erregt, und wir finden gegenwärtig auf einem großen Theile der Erde an beſtimmten Tagen Beobachter, welche die Stellung der Nadel von Stunde zu Stunde und ſelbſt in kleineren Intervallen verfolgen. Um zuerſt die regelmäßigen Wanderungen zu erkennen, gebe ich hier die mir bekannten Meſſungen, welche eine längere Zeit hindurch angeſtellt ſind.

---

99) Cassini de la declinaison et des variations de l'aiguille aimantée. Paris 1791. Ich kenne die in dieſer Schrift enthaltenen Thatſachen nur aus Hanſteen Unterſuchungen S. 438.
1) Cotte Memoires II, 178.
2) Introductio §. 963.
3) Mémoires présentés VIII, 324.
4) Daſelbſt S. 336.
5) Abh. der Schwed. Akad. II, 45. IX, 89. XII, 54.
6) Daſelbſt 1774.
7) Memorias de Lisboa I, 345. II, 342.
8) Gilbert's Annalen XXVI, 275. XXIX, 425.

Stunde	Franecker [9])	London [10])	Montmorenci [11])	Salem [12])	Rio Janeiro [13])
	W	W	W	W	O
Mittag	26′,92	25′,71	46′,68	24,12	39′,03
1	28,11	27,36	48,03	25,78	
2	28,89	27,38	48,45	27,15	38,37
3	29,04	25,89	48,55	27,00	
4	28,25	23,13	48,20	25,95	37,04
5	27,12	20,86	46,78	24,43	
6	26,31	19,20	43,82	23,32	35,70
7	25,43	17,92	42,33	21,92	
8	24,67	17,52	41,12	21,18	*35,38
9	24,23	17,23	*40,98	20,90	
10	23,82	16,94	*40,83	20,63	35,06
11	*23,69	16,77	*40,69	*20,33	
12	*23,39	*16,00	*40,54	*20,10	*34,75
13	*23,10	*15,50	*40,40	*19,78	
14	*22,86	*15,18	*40,26	*19,57	*34,68
15	*22,71	*14,88	*40,11	*19,44	
16	*22,57	*14,36	40,30	*19,36	*34,61
17	*22,42	*13,51	39,45	*19,25	
18	22,14	12,61	39,60	19,02	34,54
19	22,36	12,35	39,63	19,12	
20	22,21	12,73	41,10	19,15	35,43
21	22,56	*14,44	42,62	20,47	
22	23,50	16,91	44,30	21,25	36,30
23	24,99	22,45	45,37	22,77	

9) 3jährige Beobachtungen (1771—1773), welche van Swinden von 6h Morgens bis 10h Abend anstellte. Zu den gegebenen Größen ist noch 19° zu addiren. Mém. présentés T. VIII. Taf. 13.

10) Beobachtungen von Gilpin vom Septbr. 1786 bis Decbr. 1787 von 6 oder 7h Morg. bis 10h oder 11h Abends, bei Hansteen Untersuch. S. 447. Abweichung 23° W.

11) Beobachtungen in den Jahren 1778 bis 1780 von Cotte von 4h Morg. bis 8h Ab. bei Cotte Mémoires II, 182.

12) Beobachtungen vom April 1810 bis Mai 1811 von 6h Morg. bis 10h Ab. von Bowdich. Silliman American Journal XVI, 68.

13) Beobachtungen von 1782 bis 1785 von Dorta. Memorias de Lisboa I, 345. und II, 342. — Mittlere Abweichung 6° 35′,9 O.

Digitized by Google

Die in der nördlichen Halbkugel angestellten Messungen zeigen in ihrem Gange eine große Uebereinstimmung. An allen Orten erreicht die Nadel einige Zeit nach der Culmination der Sonne ihren westlichsten Stand; darauf geht sie am Nachmittage anfangs schneller, in den späteren Abendstunden und während der Nacht etwas langsamer zurück und erreicht am Morgen ihr Minimum der westlichen Ablenkung. Abweichend ist der Gang in Rio Janeiro, welches südlich sowohl von dem magnetischen als dem terrestrischen Aequator liegt. Der Nordpol der Nadel hat hier seinen östlichsten Stand am Nachmittage, seinen westlichsten am Morgen, so daß hier der Südpol der Nadel dieselben Wanderungen macht, als der Nordpol in unserer Hemisphäre. Um die Gesetze dieser Bewegungen zu übersehen, will ich dieselbe Function anwenden, welche ich bei Betrachtung der Temperatur und anderer Phänomene benutzt habe. Darnach finden wir für die obigen Orte folgende Ausdrücke:

Franecker: $D_n = 19° 24',637 + 2',887 \sin(n.15° + 34° 54') + 1',243 \sin(n.30° + 18° 13') + 0',415 \sin(n.45° + 3° 44')$

London: $D_n = 23° 18',201 + 5',527 \sin(n.15° + 43° 16') + 3',311 \sin(n.30° + 47° 36') + 1',279 \sin(n.45° + 46° 8')$

Montmorenci: $D_n = 19° 42',923 + 4',166 \sin(n.15° + 54° 36') + 1',674 \sin(n.30° + 32° 35') + 0',287 \sin(n.45° + 275° 1')$

Salem: $D_n = 6° 21',750 + 3',375 \sin(n.15° + 43° 11') + 1',457 \sin(n.30° + 22° 47') + 0,445 \sin(n.45° + 345° 58')$

Rio Janeiro: $D_n = 6° 35',908 + 1',792 \sin(n.15° + 65° 35') + 0',836 \sin(n.30° + 64° 7') + 0',424 \sin(n.45° + 59° 31')$

Werden aus diesen Ausdrücken die Stunden hergeleitet, wo die Extreme der westlichen Wanderung des Nordpoles eintreten, so ergeben sich folgende Größen:

Franecker:	Maximum:	$t = 2^h,57$,	$D_t = 29',00$
	Minimum:	$t = 19,43$,	$D_t = 22,10$
		Differenz	6,90
London:	Maximum:	$t = 1^h,57$,	$D_t = 27',74$
	Minimum:	$t = 19,13$,	$D_t = 12,02$
		Differenz	15,72

Digitized by Google

Montmorenci:	Maximum :	$t = 2^h,40$,	$D_t = 48',82$
	Minimum :	$t = 17,00$,	$D_t = 39,45$
		Differenz	9,37
Salem:	Maximum :	$t = 2^h,50$,	$D_t = 26',96$
	Minimum :	$t = 18,00$,	$D_t = 16,91$
		Differenz	10,05
Rio Janeiro:	Maximum :	$t = 18^h,30$,	$D_t = 34',62$
	Minimum :	$t = 1,00$,	$D_t = 38,92$
		Differenz	4,30

Weniger umfassend sind andere Messungen, welche von Reisenden und andern Beobachtern in neueren Zeiten gemacht worden sind, alle aber geben sehr nahe dieselben Werthe für die Wendestunden. So zeigten die Ablesungen von Freycinet auf Isle de France, auf Timor, auf Rawack, auf Guham, auf Mowi und zu Port Jackson, daß die Nadel um 8 Uhr Morgens und 1 Uhr Abends die Extreme erreiche, daß aber eben so wie in Rio Janeiro die Südspitze der Nadel auf Timor, Rawack und Port Jackson die Bewegungen zeige, als die Nordspitze in der nördlichen Halbkugel [14]). Eben so machte Erman, sobald er sich längere Zeit an einem Orte aufhielt, auf seiner Reise durch Nordasien Messungen, nach welchen die Extreme im Allgemeinen nach 8 Uhr Morgens und 2 Uhr Abends eintraten [15]). Aehnliche Wendestunden geben auch die Beobachtungen, welche Reich zu Freiberg anstellte [16]), so wie die an einzelnen Tagen an mehreren Orten angestellten Beobachtungen. Alle zeigten, daß die Stunde der westlichen Abweichung am Nachmittage constanter sey, als die des Minimums am Morgen. Es scheint, als ob letzteres etwa zwischen 7 und 8 Uhr eintrete, während wir für das Maximum etwa 2 Uhr Abends annehmen können.

Suchen wir die Zeiten auf, wo die Abweichung ihren mittlern Werth, d. h. das arithmetische Mittel der stündlich gemach-

14) Gilbert's Annalen LXX, 82.

15) Poggendorff's Annalen XVI, 152.

16) Das. XXXI, 97.

ten Ablesungen, erreicht, so finden wir im Durchschnitte des Jahres folgende Momente, wo es eintritt:

Franecker	$8^h,1$	und	$22^h,6$
London	6,7	und	22,1
Montmorenci	6,9	und	21,4
Salem	7,3	und	22,3

Da sich bis jetzt noch nicht entscheiden läßt, worin die Abweichung dieser verschiedenen Bestimmungen ihren Grund habe, so scheint es am zweckmäßigsten, das arithmetische Mittel dieser vier Größen zu nehmen und darnach steht die Nadel im Meridiane um

$$7^h,3 \text{ und } 22^h,1.$$

Werden die Beobachtungen mithin stets zu dieser Zeit gemacht, so erhält man im Durchschnitte des Jahres die mittlere Declination. Man kann indessen auch aus mehreren im Laufe des Tages gemachten Ablesungen im Stande der Nadel die mittlere Lage des Meridianes herleiten, und hier empfehlen sich besonders die Momente, wo die Declination ihr östliches oder westliches Maximum erreicht. Gewöhnlich betrachtet man die halbe Summe dieser beiden Größen als die mittlere Abweichung; sieht man indessen die obigen Tafeln genauer an, so bemerkt man, daß das am Morgen Statt findende Minimum sich weit weniger von dem Mittel aller 24 Beobachtungen entfernt, als das Maximum, und wenn gleich die Zeit, während welcher die Nadel östlich von dem mittlern Meridiane steht (14,8 Stunden), größer ist, als diejenige, während welcher sie sich westlich von demselben befindet, so zeigt doch eine nähere Vergleichung, daß die halbe Summe beider Extreme einen westlichern Stand giebt, als die Nadel durchschnittlich hatte. Wir können hier ein ähnliches Verfahren anwenden, als bei Herleitung der mittlern Temperatur aus den beiden Extremen. Bezeichnen wir nämlich mit D, M und m die mittlere, größte und kleinste Abweichung, und ist a ein durch die Beobachtungen näher zu bestimmender constanter Coefficient, so ist

$$D = m + a\,(M - m)$$

Digitized by Google

Für den Werth von a erhalten wir folgende Größen:

Franecker	$a = 0{,}367$
London	$a = 0{,}393$
Salem	$a = 0{,}481$
Montmorenci	$a = 0{,}370$
Mittel	$a = 0{,}403$

oder wenn wir die abweichende Bestimmung in Salem weglassen:

$$a = 0{,}377.$$

In früheren Zeiten wurde der Stand der Magnetnadel häufig gleichzeitig mit den übrigen Instrumenten um 2, 9 und 19 Uhr beobachtet, wie dieses namentlich von den Mitgliedern der meteorologischen Gesellschaft geschah. Das arithmetische Mittel dieser drei Messungen entfernt sich wenig von dem wahren Mittel. Wir finden nämlich:

	Wahres Mittel	$\frac{XIX+II+IX}{3}$	Unterschied
Franecker	24′,64	25′,09	+ 0′,45
London	18,20	19,00	+ 0,80
Montmorency	42,92	43,20	+ 0,28
Salem	21,75	22,26	+ 0,51

Der Fehler, welcher auf diese Art begangen wird, beträgt durchschnittlich eine halbe Minute, um welche die Abweichung zu westlich gefunden wird. Hätten wir dagegen die um 9 Uhr gemachte Ablesung mit 2 multiplicirt und zu dem Producte die beiden andern Messungen addirt, so hätte das Viertel dieser Summe das wahre Mittel um 0,1 Minute überstiegen.

Die bisherigen Bemerkungen bezogen sich auf den Gang der Nadel, so wie er im Durchschnitt des Jahres sich zeigt. Von diesem Verhalten entfernt sich die Nadel indessen mehr oder weniger in den einzelnen Monaten, und namentlich zeigt der Unterschied zwischen den Extremen eine entschiedene Abhängigkeit von den Jahreszeiten, indem er im Sommer weit größer ist, als im Winter. Als Beispiel dieser Abhängigkeit und der bedeutenden Größe dieser Oscillationen zugleich gebe ich das Mittel der Messungen, welche auf Parry's zweiter Reise vom Januar bis Mai

Digitized by Google

1823 im Hafen Bowen in 73° 14′ nördlicher Breite und 88° 54′ westlicher Länge von Greenwich bei einer mittlern Neigung von 88° 1′,4 N und einer Abweichung von 124° W gemacht wurden. Es wurde der Stand von zwei, häufig von drei Nadeln stündlich, auch während der Nacht abgelesen. Ich gebe in folgenden Tafeln das Mittel der Größen, welche durch die mit Nr. 1 und Nr. 2. bezeichneten Nadeln gefunden wurden, wie ich es aus den im vierten Bande der Philosophical Transactions für 1826 gegebenen Tafeln hergeleitet habe.

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai
Mittag	124°,452	124°,668	124°,710	124°,655	124°,997
1	4,438	4,620	4,555	4,553	5,215
2	4,297	4,575	4,343	4,090	4,885
3	4,093	4,418	4,095	4,123	4,675
4	3,887	4,243	3,948	3,953	4,265
5	3,762	4,150	3,837	3,760	3,788
6	3,648	4 040	3,783	3,748	3,587
7	3,660	4,017	3 710	3,498	3,413
8	3,580	3,920	3,610	3,445	3,198
9	3,580	3,852	3,515	3,230	3,003
10	3,455	3,792	3,493	3,155	2,870
11	3,493	3,755	3,367	2,982	2,832
12	3,428	3,657	3,410	2,833	2,635
13	3,467	3,512	3,437	2,897	2,590
14	3,482	3,578	3,520	3,092	2,605
15	3,577	3,708	3,570	3,118	2,745
16	3,727	3,835	3,653	3,303	2,952
17	3,805	3,953	3,763	3,452	3,162
18	3,905	4,057	3,937	3,608	3,435
19	4,080	4,233	3,995	3,801	3,542
20	4,142	4,340	4,047	4,130	3,778
21	4,288	4,433	4,422	4,368	4,022
22	4,405	4,562	4,535	4,715	4,297
23	4,488	4,610	4,702	4,732	4,870

Digitized by Google

Die zu verschiedenen Stunden beobachtete westliche Abweichung läßt sich in den einzelnen Monaten durch folgende Gleichungen ausdrücken:

Januar: $D_n = 123°,881 + 0°,493 \sin(n.15° + 102°19') + 0°,912 \sin(n.30 + 116°23') + 0°,053 \sin(n.45° + 62°6')$

Februar: $D_n = 124°,105 + 0°,490 \sin(n.15° + 87°48') + 0°,067 \sin(n.30° + 147°17') + 0°,054 \sin(n.45° + 34°46')$

März: $D_n = 123°,915 + 0°,545 \sin(n.15° + 98°18') + 0°,123 \sin(n.30° + 112°1') + 0°,091 \sin(n.45° + 108°8')$

April: $D_n = 123°,718 + 0°,806 \sin(n.15° + 91°41') + 0°,135 \sin(n.30° + 150°6') + 0°,107 \sin(n.45° + 132°25')$

Mai: $D_n = 123°,640 + 1°,128 \sin(n.15° + 79°24') + 0°,201 \sin(n.30° + 67°18') + 0°,151 \sin(n.45° + 39°11')$

Daraus erhalten wir für die Momente der Extreme, so wie für die letzteren selbst die folgenden Größen:

Januar:	Maximum $t = 23^h,60$,	$M = 124°,496$	
	Minimum $t = 12,33$,	$m = 123,432$	
	Unterschied		$= 1,064$
Februar:	Maximum $t = 0^h,67$,	$M = 124,662$	
	Minimum $t = 13,23$,	$m = 123,577$	
	Unterschied		$= 1,085$
März:	Maximum $t = 23^h,47$,	$M = 124,674$	
	Minimum $t = 11,80$,	$m = 123,399$	
	Unterschied		$= 1,275$
April:	Maximum $t = 23^h,13$,	$M = 124,728$	
	Minimum $t = 12,03$,	$m = 122,901$	
	Unterschied		$= 1,827$
Mai:	Maximum $t = 0^h,90$,	$M = 125,117$	
	Minimum $t = 13,00$,	$m = 122,564$	
	Unterschied		$= 2,553$

Es tritt hiernach das Maximum der westlichen Abweichung etwa um Mittag, das Minimum um Mitternacht ein. Diese Stunden weichen allerdings bedeutend von denjenigen ab, welche wir

in mittleren Breiten antreffen; worin diese Abweichung ihren Grund habe, weiß ich nicht zu bestimmen. Da es wahrscheinlich ist, daß die Aenderung der Temperatur im Laufe des Tages im innigen Zusammenhange steht mit diesen Wanderungen der Magnetnadel, so wäre es wohl möglich, daß hier, wo die Sonne im Winter verschwunden ist und im Sommer beständig über dem Horizonte schwebt, der Gang des Thermometers von dem in unseren Gegenden abwiche. Leider sind die hierüber gemachten Beobachtungen nicht publicirt worden; denn es steht in dem Tagebuche zwar stets der Stand des Thermometers neben dem der Magnetnadel, jedoch hing jenes nicht in freier Luft. Die Größe der Oscillationen während des Tages ist weit größer als im mittlern Europa, indem sie selbst im Januar noch mehr als 1° beträgt. Um die Abhängigkeit dieser Differenzen von den Jahreszeiten und ihren mittlern Werth im Laufe des Jahres kennen zu lernen, habe ich annähernd diese Größe für die fehlenden 7 Monate interpolirt, indem ich dabei die für Europa gefundenen Verhältnisse zum Grunde legte und dann aus den so angenommenen Werthen die Gleichung

$$\Delta_n = 2^\circ,1485 + 1^\circ,1515 \sin(n.15^\circ + 257^\circ 41') + 0^\circ0689 \sin(n.30 + 130^\circ 56')$$

hergeleitet, wo Δ_n die im nten Monate Statt findende Differenz bezeichnet. Die folgende Tafel enthält die solchergestalt gefundenen Größen:

Monat	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Januar	1°,064	1°,076	+ 0°,012
Februar	1,085	1,040	— 0,045
März	1,275	1,310	+ 0,035
April	1,827	1,852	+ 0,025
Mai	2,553	2,513	— 0,040
Junius		3,067	
Julius		3,328	
August		3,234	
Septbr.		2,860	
October		2,344	
Novbr.		1,814	
Decbr.		1,364	

Digitized by Google

Bald nach Beendigung der Reise stellten Parry und Foster selbst die Thatsachen zusammen, und indem sie den Unterschied zwischen dem an jedem Tage beobachteten Maximum und Minimum nahmen, fanden sie folgende Größen [17]):

Januar	$1^{\circ}\ 37'\frac{1}{4}$
Februar	1. 38
März	2. $14\frac{1}{4}$
April	2. 53
Mai	3. 44,39.

Indessen hiebei sind alle etwa vorkommenden unregelmäßigen Störungen beibehalten, während diese in meiner Zusammenstellung zum Theil entfernt sind. Es zeigt sich dabei dieselbe Verschiedenheit, auf welche wir stoßen, wenn wir den Unterschied zwischen den täglichen Temperatur-Extremen aufsuchen und dabei entweder die vermittelst eines Thermometrographen oder die zur Zeit des Maximums und Minimums gefundenen Größen nehmen.

Leiten wir aus den Extremen die mittlere Declination vermittelst der Gleichung

$$D = m + a\,(M - m)$$

her, so finden wir für den Werth des Coefficienten a die folgenden Größen:

Januar	$a = 0{,}422$
Februar	$a = 0{,}487$
März	$a = 0{,}405$
April	$a = 0{,}447$
Mai	$a = 0{,}421$

Diese Werthe sind größer als diejenigen, welche wir früher für Europa gefunden haben, nähern sich aber mehr dem für Salem in den Vereinigten Staaten erhaltenen; es wäre daher wohl möglich, daß künftige Beobachtungen in dieser Hinsicht eine, wenn auch geringe, Verschiedenheit zwischen dem alten und neuen Continente zeigten.

Um die Abhängigkeit dieser Aenderungen in dem täglichen Gange der Declinationsnadel in Europa zu erkennen, theile ich in folgenden Tafeln die Resultate der von Gilpin in London beobachteten Größen mit.

17) Phil. Trans. for 1826. Part. IV. p. 120.

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Junius	Julius	August	Septbr.	Octbr.	Novbr.	Decbr.
Mittag	22′,13	23′,35	26′,28	23′,63	25′,21	26′,63	27′,66	30′,34	26′,00	27′,55	25′,48	24′,16
1	24,13	25,00	27,72	27,00	26,62	28,13	29,38	31,75	27,37	28,94	26,70	25,54
2	24,52	24,74	27,82	27,60	26,26	28,13	29,55	31,65	27,40	28,67	26,57	25,63
3	*25,61	*24,06	*25,68	*25,90	*24,55	*25,98	*27,10	*29,02	*25,35	*27,00	*25,71	*24,85
4	21,84	23,36	22,55	22,60	21,22	22,93	23,69	25,48	22,22	24,42	23,98	23,26
5	*20,27	*21,14	*21,00	*20,70	*18,88	*20,25	*21,26	*22,10	*19,62	*21,34	*21,94	*21,70
6	18,48	18,91	19,15	18,47	17,89	18,70	19,89	19,80	18,08	20,00	20,57	20,51
7	*16,93	*17,56	*17,73	*17,45	*16,96	*17,99	*19,15	*19,34	*16,74	*19,18	*19,45	*19,76
8	15,89	16,20	16,31	16,43	16,96	17,87	19,13	18,88	16,37	18,35	18,90	19,01
9	*15,14	*15,58	*15,89	*16,35	*17,23	*17,75	*19,35	*18,87	*16,06	18,00	*18,64	*18,66
10	14,65	14,96	15,46	16,27	16,41	17,63	19,32	18,86	15,53	17,60	18,33	18,30
11	*14,47	*15,00	14,85	16,17	16,74	17,57	18,98	18,83	15,33	17,05	17,85	18,15
12	*14,39	*15,84	*14,60	*15,39	*14,00	*15,96	*17,61	*17,98	*15,19	*16,61	*17,70	*18,06
13	*14,46	*15,75	*14,35	*14,61	*12,80	*14,58	*16,46	*17,14	*14,60	*16,51	*17,81	*18,00
14	*14,50	*15,66	*14,10	*13,83	*11,98	*13,58	*15,35	*16,32	*14,35	*16,59	*18,10	*17,93
15	*14,47	*15,57	*13,85	*13,05	*11,32	*12,74	*14,17	*15,46	*14,04	*16,28	*18,30	*17,86
16	*14,42	*15,48	*13,60	*12,27	*10 41	*11,65	*12,74	*14,41	*13,44	*15,85	*18,08	*17,80
17	*14,37	*15,39	*13,35	*11,49	* 9,06	*10,12	*11,09	*13,14	*12,52	*15,21	*17,35	*17,73
18	*14,00	*15,30	*13,19	*10,76	7,80	8,43	9,39	11,80	11,73	14,28	*16,43	*17,63
19	*13,84	14,99	13,03	9,93	7,70	8,20	9,51	11,97	11,53	14,08	15,92	17,55
20	14,28	15,14	12,77	9,73	7,69	8,83	10,28	13,44	12,23	14,45	16,18	17,72
21	*15,45	*16,14	*13,85	*11,80	* 9,99	*11,53	*13,09	*15,75	*14,25	*15,68	*17,40	*18,33
22	17,06	17,14	14,93	13,87	13,49	16,03	17,77	19,65	17,78	18,20	18,03	18,93
23	*19,82	*20,24	*20,80	*18,75	*19,72	*21,70	*23,03	*25,44	*22,32	*23,22	*22,03	*21,55

Digitized by Google

Entwickeln wir die Werthe der Constanten in der Gleichung

$$D_n = D + a_1 \sin(n.15 + v_1) + a_2 \sin(n.30^0 + v_2) + a_3 \sin n.(45^0 + v_3)$$

so erhalten wir für die einzelnen Monate folgende Größen:

Monat	D	a_1	a_2	a_3	v_1	v_2	v_3
Januar	17,235	4,418	2,184	0,515	53° 32′	27° 45′	36° 35′
Februar	18,021	4,229	2,417	0,523	55. 38	24. 42	21. 22
März	17,619	5,882	3,210	1,521	47. 38	36. 40	36. 46
April	16,835	6,147	3,757	1,487	33. 28	41. 18	27. 10
Mai	15,772	7,061	3,974	1,898	30. 46	57. 0	51. 52
Junius	17,213	7,038	4,341	1,660	32. 18	58. 43	52. 10
Julius	18,527	6,923	4,500	1,545	31. 35	61. 10	52. 41
August	19,893	6,880	4,613	1,484	43. 48	58. 33	46. 42
Septbr.	17,497	5,832	3,602	1,230	49. 7	52. 18	52. 26
October	19,369	5,466	3,368	1,259	47. 39	43. 34	55. 45
Novbr.	19,894	3,695	2,532	1,006	49. 29	33. 0	46. 20
Decbr.	19,942	3,301	1,762	0,728	51. 51	31. 58	25. 14

Aehnliche Verhältnisse zeigen die Messungen van Swindens zu Francecker. Es möge genügen, hier die aus den Beobachtungen abgeleiteten Constanten der allgemeinen Gleichung mitzutheilen.

Monat	D [18])	a_1	a_2	a_3	v_1	v_2	v_3
Januar	21′,858	1′,430	0′,639	0′,134	62° 7′	38° 4′	9°48′
Februar	26,105	2,236	0,901	0,203	59. 22	33. 11	4. 16
März	26,038	3,697	1,336	0,288	39. 55	17. 30	359. 19
April	20,654	3,511	1,160	0,343	18. 58	21. 33	354. 55
Mai	16,317	4,118	1,689	0,590	25. 51	20. 49	344. 6
Junius	24,121	3,985	1,881	0,591	15. 22	4. 40	340. 45
Julius	30,767	3,764	2,049	0,808	23. 36	18. 51	1. 5
August	31,677	6,103	2,762	0,829	38. 50	18. 4	25. 57
Septbr.	33,645	3,246	1,654	0,691	45. 3	23. 6	2. 34
October	34,317	2,080	0,722	0,237	42. 11	2. 0	327. 38
Novbr.	26,151	1,238	0,523	0,202	44. 11	13. 26	7. 19
Decbr.	15,972	0,550	0,258	0,213	50. 10	70. 0	90. 36

18) Diese Werthe von D können nicht dazu benutzt werden, die Aenderung der Declination im Laufe des Jahres daraus herzuleiten, weil das Instrument mehrmals verrückt zu seyn scheint.

Digitized by Google

Leiten wir mit Hülfe dieser Gleichungen die Momente her, in welchen die Extreme eintreten, so finden wir folgende Tafel:

	Minimum		Maximum	
Monat	London	Franecker	London	Franecker
Januar	$18^h,9$	$16^h,8$	$2^h,0$	$1^h,8$
Februar	19,0	14,5	2,0	1,9
März	19,4	18,3	1,7	2,7
April	19,5	19,1	1,9	3,0
Mai	19,1	19,3	1,5	2,8
Junius	19,0	20,3	1,4	3,2
Julius	18,9	20,0	1,5	2,6
August	18,8	19,4	1,4	2,4
Septbr.	18,8	19,6	1,4	2,3
Octbr.	19,1	15,0	1,5	3,0
Novbr.	19,6	19,5	1,7	2,4
Decbr.	19,4	18,8	1,9	0,7

Die Messungen von Franecker zeigen besonders bei südlicher Declination der Sonne ziemlich bedeutende Abweichungen unter einander, während in London die Wendestunden weit constanter zu seyn scheinen; so lange als noch nicht das Gegentheil durch genauere und eben so umfassende Messungen erwiesen ist, dürfen wir annehmen, daß die Wendestunden während des Jahres nur wenig um ihren mittlern Werth oscilliren, was auch durch die Beobachtungen von Reich zu Freiberg bestätigt zu werden scheint [19]).

19) Poggendorff's Annalen XXXI. 107.

Der Durchgang der Nadel durch den mittlern Meridian findet in folgenden Momenten Statt:

Monat	Morgen		Abend	
	London	Franecker	London	Franecker
Januar	$9^h,9$	$9^h,3$	$6^h,8$	$6^h,3$
Februar	10,0	9,4	6,5	6,6
März	10,2	10,3	6,6	8,0
April	10,5	11,1	7,2	10,7
Mai	10,2	11,0	10,7	9,4
Junius	10,1	11,6	10,8	10,0
Julius	10,1	11,1	11,1	9,0
Auguſt	9,9	10,5	6,0	7,9
Septbr.	9,8	10,4	6,6	6,9
October	10,0	10,5	6,6	7,8
Novbr.	10,2	10,5	6,3	7,5
Decbr.	10,1	9,5	6,7	9,1

Betrachten wir hier zuerſt den Moment, wo das Mittel am Morgen eintritt, ſo ſcheint dieſer in London das ganze Jahr hindurch ziemlich unverändert zu bleiben, indem der Unterſchied zwiſchen den Extremen etwa eine halbe Stunde beträgt, ohne daß ſich eine Abhängigkeit dieſer Zeit von den Jahreszeiten erkennen läßt. Nach den Meſſungen in Franecker dagegen möchte man eine ſolche Abhängigkeit annehmen, da dieſer Moment im Sommer mehr als zwei Stunden ſpäter eintritt. Wird jedoch dieſes Reſultat durch die Vergleichung mit den Londoner Beobachtungen etwas zweifelhaft, ſo wird es auch dadurch wenig wahrſcheinlich gemacht, daß die Freiberger Beobachtungen ebenfalls eine ſchwache Abhängigkeit entgegengeſetzter Art andeuten, indem hier dieſe Zeit im Sommer etwas früher einzutreten ſcheint, als im Winter [20]). Entſchiedener ſcheinen die Meſſungen in London und Franecker darauf hinzudeuten, daß am Abend die mittlere Declination etwas ſpäter im Sommer eintrete, als im Winter, indeſſen zeigen ſich noch immer bedeutende Sprünge, wie vom April zum Mai und vom Julius zum Auguſt. Auch von dieſem Reſultate

20) Poggendorff's Annalen XXXI, 101.

weichen die Freiberger Beobachtungen etwas ab. Zwar deuten sie ebenfalls im Allgemeinen die erwähnte Periode an, aber es tritt der Moment mehrere Stunden früher ein, als in London und Franecker. Es sind demnach auch hier neuere und umfassendere Arbeiten nöthig, wenn wir die Gesetze genauer erkennen wollen.

Ist es uns also noch nicht möglich, über die Zeitverhältnisse bei diesem Phänomene etwas Bestimmtes auszusprechen, so zeigt sich entschiedener eine jährliche Periode in dem Unterschiede zwischen den Extremen. Die folgende Tafel enthält diese Differenzen zu Franecker und London, letztere nach den Messungen, welche Gilpin in den erwähnten beiden Jahren gemacht hatte:

Monat	Franecker	London
Januar	3',16	10',38
Februar	4,90	10,28
März	8,18	15,78
April	8,09	17,83
Mai	9,93	20,34
Junius	10,21	22,11
Julius	10,35	20,75
August	14,70	21,89
September	8,05	16,47
October	4,62	15,55
November	2,81	10,96
December	1,57	8,40

Wir überzeugen uns aus dieser Tafel, daß an beiden Orten die täglichen regelmäßigen Wanderungen der Magnetnadel im Sommer bedeutend größer sind, als im Winter, was uns an die ähnlichen Verhältnisse erinnert, welche wir früher fanden, als wir die Unterschiede der täglichen Temperatur-Extreme betrachteten. Damit aber ändert sich auch der Werth des Coefficienten a in der Formel

$$D = m + a(M - m)$$

deren wir uns bei Herleitung der Mittel aus den Extremen bedienten. Wir finden in denselben in den verschiedenen Monaten für folgende Werthe:

Mo-

Monat	Franecker	London	Mittel	Berechnet	Unterschied
Januar	0,303	0,327	0,315	0,312	— 0,003
Februar	0,319	0,309	0,314	0,322	+ 0,008
März	0,362	0,352	0,357	0,361	+ 0,004
April	0,441	0,410	0,425	0,406	— 0,019
Mai	0 396	0,449	0,423	0,440	+ 0,017
Junius	0,423	0,450	0,437	0,442	+ 0,005
Julius	0,411	0,457	0,434	0,418	— 0,016
Auguſt	0,371	0,404	0,388	0,387	— 0,001
Septbr.	0,316	0,382	0,349	0,362	+ 0,013
October	0,344	0,385	0,363	0,353	— 0,010
Novbr.	0,313	0,367	0,340	0,340	0
Decbr. [21])	0,415	0,322	0,322	0,323	+ 0,001

Dieſer Coefficient hat mithin im Sommer einen größern Werth als im Winter. Sein Werth im nten Monate läßt ſich darſtellen durch die Gleichung

$$a_n = 0{,}37225 + 0{,}05951 \sin(n \cdot 30^\circ + 296^\circ 35') + 0{,}01791 \sin(n \cdot 60^\circ + 204^\circ 28')$$

Die obige Tafel zeigt, daß die nach dieſer Formel berechneten Werthe wenig von den durch die Beobachtungen ſelbſt gegebenen abweichen.

Zeigen gleich London und Franecker, daß die Oscillationen im Sommer weit größer ſind als im Winter, ſo finden wir an beiden nahe liegenden Orten eine bedeutende Verſchiedenheit in dem abſoluten Werthe dieſer Differenz. Theils mag dieſelbe ihren Grund darin haben, daß dieſes Element, eben ſo wie die übrigen ſich auf das Klima beziehenden Größen, nicht in jedem Jahre denſelben Werth hat, theils aber mag eine ungleiche Empfindlichkeit der Nadeln Urſache davon ſeyn. Um die Größe dieſer Differenz zu beurtheilen, gebe ich in folgender Tafel die Reſultate der an verſchiedenen Orten gemachten Meſſungen:

21) Da ſich die in Franecker gefundene Größe ſo ſehr von derjenigen entfernt, welche wir in den anliegenden Monaten, ſo wie in London finden, ſo habe ich ſie bei Herleitung des Mittels nicht berückſichtigt.

Monat	London [22])	Paris [23])	Mannheim [24])	Göttingen [25])	Freiberg [26])	Cambridge [27]) N. A.
Januar	6′,90	10′,02	5′,96	4′,38	4′,93	7′,62
Februar	7,50	10,52	6,38	6,00	7,84	5,16
März	9,04	14,22	7,10	8,47	11,21	5,84
April	13,03	15,13	9,10	10,95	12,62	12,78
Mai	13,60	14,55	9,39	10,79	12,69	15,41
Junius	12,65	13,54	10,40	10,31	12,98	13,19
Julius	11,84	13,53	10,19	10,36	12,61	14,61
August	12,27	14,10	10,04	10,38	12,35	17,28
Septbr.	9,71	14,25	8,88	9,73	11,43	11,76
October	10,44	12,73	7,26	7,48	10,34	9,88
Novbr.	7,47	9,92	7,15	5,43	8,63	8,27
Decbr.	4,28	8,83	5,19	3,63	8,83	6,79
	9,89	12,61	8,09	8,16	10,12	10,72

Alle in der obigen Tafel gegebenen Größen bestätigen das Gesetz, daß diese Oscillationen in der warmen Jahreszeit weit bedeutender sind, als im Winter. Um das Gesetz dieser Aenderungen

22) Resultate der Beobachtungen, welche Gilpin eine längere Reihe von Jahren zur Zeit der Wendestunden anstellte und welche Hansteen in seinen Untersuchungen S. 456 mittheilt.

23) 4jährige Beobachtungen (1784—1788) von Cassini, bei Hansteen S. 442.

24) 10jährige Beobachtungen von Hemmer in den Mannheimer Ephemeriden.

25) Beobachtungen, welche Gauß vom März 1834 bis Januar 1835 um 8 Uhr Morgens und 1 Uhr Abends machte. Die Größe für Februar ist durch Interpolation gefunden. Poggendorff's Annalen XXXII, 565. und XXXIV, 546.

26) Resultate der Beobachtungen, welche Reich an einigen Tagen des März, Mai, Junius, August, September, November und December während der Jahre 1830 und 1832 machte, und aus denen Dove den Unterschied zwischen den Extremen herleitete. Poggendorff's Annalen XXXI, 107.

27) Resultate der Beobachtungen, welche Williams zu Cambridge in Massachusets während der Jahre 1785 und 1786 um 7 Uhr Morgens und 2 Uhr Abends machte und in den Mannheimer Ephemeriden mittheilte.

Digitized by Google

beſſer zu überſehen, habe ich für die Differenz Δ_n im nten Monate (das Jahr vom 15ten Januar an gerechnet) folgende Gleichungen aus den Meſſungen hergeleitet:

Franecker: $\Delta_n = 7',214 + 4',699 \sin(n.30° + 288°59') + 1',667 \sin(n.60° + 11°34')$

London: $\Delta_n = 9',894 + 5',621 \sin(n.30° + 294°49') + 1',051 \sin(n.60 + 274°6')$

Paris: $\Delta_n = 12',612 + 2',460 \sin(n.30° + 298°7') + 1',513 \sin(n.60° + 306°37')$

Mannheim: $\Delta_n = 8',087 + 2',374 \sin(n.30° + 282°13') + 0',039 \sin(n.60° + 8°31')$

Göttingen: $\Delta_n = 8',159 + 3',425 \sin(n.30° + 295°26') + 1',150 \sin(n.60° + 303°42')$

Freiberg: $\Delta_n = 10',122 + 3',845 \sin(n.30° + 290°16') + 1',631 \sin(n.60° + 294°35')$

Cambridge: $\Delta_n = 10',716 + 4',860 \sin(n.30° + 272°9') + 0',524 \sin(n.60° + 177°27')$

Die Uebereinſtimmung zwiſchen den nach dieſen Formeln berechneten und den durch die Beobachtungen gegebenen Größen iſt nicht ſo gut, als dieſes bei ähnlichen in früheren Abſchnitten betrachteten Unterſuchungen der Fall war, hauptſächlich wohl deshalb, weil dieſes Element, in mehreren auf einander folgenden Jahren, oft bedeutende Ungleichheiten zeigt. So geben z. B. die Beobachtungen von Caſſini im Jahre 1784 einen mittlern Werth von 9',71, im Jahre 1787 von 15',10. Wo ſo große Ungleichheiten vorhanden ſind, bedarf es einer vieljährigen Reihe von Beobachtungen, um die jedem Monate entſprechenden Größen mit hinreichender Schärfe zu erhalten.

Die Größe dieſer Oscillationen iſt ſehr ungleich und die eben gegebenen mittleren Größen ſind hier weit geringer, als diejenigen, welche Parry im Hafen Bowen in der Nähe des einen Magnetpoles gefunden hatte und die bereits oben mitgetheilt wurden. In Sibirien hat Erman an verſchiedenen Orten

Messungen dieses Elementes gemacht und folgende Größen gefunden [28]):

Ort	Zeit	Mittlere Abweichung	Größe der Oscillationen
Petersburg	Junius 12 — 14	6° 47′ W	18′ 26″,7
Moscau	Julius 26 — 28	3. 2	19. 0,8
Katharinenburg	Septbr. 1 — 2	0. 0.	11. 52,0
Tobolsk	Novbr. 3 — 11	9. 36. O	2. 50,0
Irkutzk	März 1 — 6	2. 3.	3. 10,0
Jakutzk	April 8 — 17	5. 55. W	21. 21

Auch diese Größen stehen in gar keinem Verhältnisse mit den von Parry gefundenen, besonders zeichnen sich die in Tobolsk und Irkutzk erhaltenen durch ihre Kleinheit aus. Doch läßt sich aus diesen, stets nur wenige Tage umfassenden Messungen nichts Allgemeines folgern, da wir an jedem Orte in wenigen auf einander folgenden Tagen mehr oder minder große Differenzen finden.

Je geringer im Allgemeinen die Breite eines Ortes ist, desto kleiner werden diese täglichen Oscillationen. Nach den Beobachtungen von Freycinet betragen sie auf Timor 6′,5, auf Rawak und Guham etwa 3′, während die Nadel auf den Sandwich-Inseln und in Port Jackson noch einen Bogen von 9′ durchlief. Da in der südlichen Halbkugel das Süd-Ende der Nadel dieselben Bewegungen macht, als das Nord-Ende in unseren Gegenden, so giebt es wahrscheinlich eine Gegend, wo die Nadel stille steht, und dieses scheint nach den Bemerkungen von Arago der magnetische Aequator zu seyn [29]).

Zeigen uns die so eben mitgetheilten Erfahrungen, daß unsere Kenntniß dieses Phänomenes noch sehr unvollkommen sey, und daß noch eine Reihe von Jahren verfließen wird, ehe wir im Stande seyn werden, dieses Element mit hinreichender Schärfe an einer Reihe von Orten anzugeben, so wird es noch weit schwieriger, die Gesetze der jährlichen Aenderungen mit Genauigkeit zu bestimmen. Zwar erkannte bereits Hiorter die Existenz einer

28) Poggendorff's Annalen XVI, 152.

29) Gilbert's Annalen LXX, 83.

Digitized by Google

jährlichen Periode, aber weder er, noch spätere Beobachter, wie Cotte, van Swinden, Wilcke und andere, waren im Stande, ihre Beschaffenheit mit Schärfe anzugeben. Die Schwierigkeiten sind hier auch bei weitem größer, als bei Bestimmung der täglichen Variationen, denn eine geringe Verrückung des Instrumentes erzeugt hier bedeutende Abweichungen; außerdem aber vermischt sich die jährliche Periode so sehr mit den Säcularänderungen, daß wir nicht wissen, ob die Wanderung der einen oder der andern dieser Ursachen zugeschrieben werden müsse.

Cassini leitete aus seinen zu Paris gemachten Beobachtungen (1783 bis 1788) einige Gesetze her, welche von den meisten Physikern als naturgemäß angesehen werden. Ich will dieselben so mittheilen, wie sie Hansteen [30]) aus Cassini's Werk entlehnt hat. Vom Januar bis gegen den April nimmt in der Regel die westliche Abweichung zu. Gegen Anfang Aprils wird die Nadel jedesmal rückgängig und die Abweichung nimmt ab, von Monat zu Monat bis zur Sommer-Sonnenwende. Alsdann geht die Nadel wieder nach West und immer findet sie sich gegen den Anfang Octobers ungefähr da, wo sie im Anfange Mai's war; das fand wenigstens jedesmal in den 6 Revolutionen Statt, während welcher die Beobachtungen gemacht wurden, weshalb diese beiden Epochen sehr merkwürdig scheinen. Nach dem October fährt die Nadel fort nach Westen vorzuschreiten, beschreibt aber keinen so großen Bogen mehr, und gewöhnlich erreicht sie in diesen letzten drei Monaten das Maximum ihrer westlichen Abweichung. Es scheint folglich, als habe der Stand der Sonne in der Ekliptik Einfluß auf den Gang der Magnetnadel, denn es folgt aus den Beobachtungen das merkwürdige Gesetz, daß die Nadel zwischen der Frühlings-Nachtgleiche und der Sommer-Sonnenwende zurückgeht, indessen sie in der übri-

30) Hansteen Untersuchungen S. 446. Moser bemerkt über diese Arbeit Cassini's, daß er durch seine auf wenigen Jahren beruhenden Gesetze über die monatlichen Declinationen der Kenntniß des Gegenstandes geschadet habe, indem seit der Zeit fortgesetzte und vorurtheilsfreie Untersuchungen zu sehr vernachlässigt wurden. Poggendorff's Ann. XXVIII, 278. Wie sehr diese voreiligen Folgerungen geschadet haben, geht besonders daraus hervor, das mehrere Beobachter, wie unter andern Gilpin, seit jener Zeit die Abweichung nicht mehr so aufmerksam verfolgten, als früher.

Digitized by Google

gen Zeit in der Regel nach Westen vorrückt; und da der Bogen, den sie in diesen letzten neun Monaten durchläuft, viel größer ist, als der, um den sie in den drei ersten zurückweicht, so entsteht daraus eine Zunahme der westlichen Abweichung.

Bei diesen Folgerungen, welche Cassini aus seinen Beobachtungen herleitet, darf indessen der Umstand nicht übersehen werden, daß er vorzugsweise nur den Stand der Nadel bei ihrem westlichen Maximum am Nachmittage berücksichtigt. Ich glaube jedoch, daß wir dabei stets die mittlere Lage des magnetischen Meridianes nehmen müssen. Leiten wir aus den von Hansteen mitgetheilten Extremen die mittlere Declination her, so finden wir folgende Größen für die Stellung der Nadel gegen eine unverrückbar angenommene Mittellinie, wobei die östliche Elongation mit — bezeichnet ist.

Monat	1784	1785	1786	1787	1788	Mittel
Januar	— 6′,13	17′,02	25′,13	30′,47	37′,61	20′,82
Februar	— 3,10	19,08	25,70	35,00	39,59	23,65
März	1,40	19,83	26,45	46,47	38,36	26,50
April	2,63	18,17	29,20	48 45	51,41	29,97
Mai	2,18	16,66	26,97	45,91	48,90	28,14
Junius	— 3,65	13,73	16,86	39,21	46,96	22,62
Julius	— 3,48	13,45	19,67	33,96	44,67	21,65
August	— 0,27	14,13	20,12	35,72	43,99	22,74
Septbr.	1,60	15,52	22,78	40,35	44,47	24,94
October	8,63	19,55	28,45	46,11	50,34	30,62
Novbr.	11,30	25,06	25,22	33,04	53,06	29,54
Decbr.	13,11	25,82	30,26	37,33	50,18	31,34

Wenn gleich diese Tafeln das Cassini'sche Gesetz im Allgemeinen bestätigen, so finden wir doch manche Anomalieen, welche uns zeigen, daß fünfjährige Beobachtungen noch keineswegs genügen, den Gang der Magnetnadel mit Schärfe anzugeben. Vergleichen wir z. B. die Größe, um welche die Nadel in jedem Jahre sich vom Januar bis December änderte, so finden wir

im Jahre 1784	19′,24
1785	8,80
1786	5,13
1787	6,86
1788	12,57

Digitized by Google

sie ist also im Jahre 1784 fast viermal größer als 1786; im Jahre 1788 wieder mehr als das Doppelte der Aenderung im Jahre 1786, und endlich finden wir 1788, daß die Nadel vom November bis December um 2 Minuten nach Osten zurückkehrt, während sie im Durchschnitte um eben diese Größe nach Westen geht. Uebersehen dürfen wir aber den Umstand nicht, daß die in obiger Tafel enthaltenen Stellungen der Magnetnadel noch die in Folge der Säcularänderung Statt findende Wanderung der Magnetnadel in sich schließen. Diese Größe beträgt jährlich etwa 8′,6; nehme ich an, daß der Meridian regelmäßig nach Westen gehen würde, wofern die Ursachen nicht vorhanden wären, welche die jährliche Periode bedingen, so beträgt diese Verrückung monatlich 0′,71, und wenn ich demnach sämmtliche Messungen auf den Januar beziehe, so ergeben sich nach Anbringung der eben erwähnten Correction folgende Declinationen:

Monat	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Januar	20′,82	22′,66	+ 1′,84
Februar	22,94	22,54	— 0 40
März	25,07	25,14	+ 0,07
April	27,83	26,79	— 1,04
Mai	25,29	25,21	— 0,08
Junius	19,05	20,99	+ 1,94
Julius	17,37	17,23	— 0,14
August	17,74	16,77	— 0,97
September	19,23	19,57	+ 0,34
October	24,19	22,92	— 1,27
November	22,40	24,09	+ 1,69
December	23,49	22,90	— 0,59

Die Magnetnadel geht hiernach vom Januar bis April nach Westen, kehrt sodann bis zum Julius nach Osten zurück und erreicht im October wieder ein Maximum westlicher Ablenkung, worauf sie wieder etwas nach Osten zurückzukehren scheint, oder vielleicht stationär bleibt. Um diese Aenderung zu übersehen, habe ich aus den obigen Größen die Gleichung

$$D_n = 22',1515 + 2',940 \sin (n \cdot 30^\circ + 48^\circ 57') + 3',010 \sin (n \cdot 60^\circ + 243^\circ 54')$$

hergeleitet, wo D_n die im nten Monate Statt findende Declination bezeichnet. Darnach würden wir zwei Maxima und zwei Minima finden, jene im April und November, letztere im Februar und August. Es bleibt jedoch noch die Frage, ob diese Messungen, welche nur wenige Jahre umfassen, genügen, das Gesetz vollkommen von den etwa vorhandenen Anomalieen befreit, anzugeben. Dieser Zweifel wird theils durch die großen Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Größen, theils dadurch bestätigt, daß Messungen an anderen Orten nur auf ein Maximum und Minimum deuten. In Stockholm sind Messungen dieser Art während einer Zeit von 30 Jahren (1786 bis 1815) gemacht worden, und wenn man die von Hansteen[31]) gegebene Tafel ansieht, so findet man, daß die Declination diese ganze Zeit über fast constant gewesen ist, so daß wir die Mittel der einzelnen Monate ohne weitere Correction nehmen dürfen. Diese von Horner[32]) berechneten Mittel sind in folgender Tafel enthalten:

Monat	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Januar	63′,4	63′,4	0
Februar	63,8	63,7	— 0,1
März	61,3	62,1	+ 0,8
April	60,3	59,6	— 0,7
Mai	57,7	57,6	— 0,1
Junius	56,3	56,7	+ 0,4
Julius	56,8	56,8	0
August	57,1	57,0	— 0,1
September	57,3	57,1	— 0,2
October	57,6	57,7	+ 0,1
November	58,8	59,2	+ 0,4
December	62,0	61,5	— 0,5

Es ist darnach die westliche Declination D_n im nten Monate

$$D_n = 15^\circ\ 59',367 + 3',449 \sin(n \cdot 30^\circ + 73^\circ\ 58') + 0',993 \sin(n \cdot 60^\circ + 46^\circ\ 54')$$

31) Hansteen Untersuchungen, Anhang S. 143.

32) Gehler's Wörterbuch N. A. I, 155.

Digitized by Google

Hieraus sehen wir, daß die Magnetnadel in den kältesten Monaten ihren westlichsten Stand hat, daß sie bei zunehmender Wärme etwas nach Osten geht, und nun zu der Zeit, wo die jährliche Temperatur ihr Maximum erreicht, wieder nach Westen zurückkehrt. Dieses Gesetz, welches uns auf die Verbindung zwischen Temperatur und Aenderungen der Declination aufmerksam macht, wird auch durch zehnjährige in den Mannheimer Ephemeriden mitgetheilte Beobachtungen von Hemmer zu Mannheim bestätigt. Reduciren wir nämlich dieselben auf die mittlere Declination, so ergiebt sich folgende Tafel:

Monat	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Januar	52′,42	52′,70	+ 0′,28
Februar	51,84	52,91	+ 1,07
März	53,91	52,55	— 1,36
April	51,53	51,75	+ 0,22
Mai	50,23	50,68	+ 0,45
Junius	49,65	49,54	— 0,11
Julius	48,36	48,50	+ 0,14
Auguſt	49,10	48,15	— 0,95
September	47,66	48,42	+ 0,76
October	49,11	49,35	+ 0,24
November	50,96	50,65	— 0,31
December	52,40	51,89	— 0,51

Die mittlere Declination jedes Monates läßt sich durch die Gleichung

$$D_n = 19^\circ\,50',598 + 2',377 \sin(n \cdot 30^\circ + 59^\circ\,39') + 0',116 \sin(n \cdot 60 + 154^\circ\,59')$$

darstellen, und wenn wir dann die berechneten Werthe näher ansehen, so finden wir darin eine Bestätigung der durch die Stockholmer Beobachtungen gegebenen Thatsache, daß die Nadel mit der Zunahme oder Abnahme der Temperatur nach Osten oder Westen geht. Diese innige Verbindung zwischen Wärme und Bewegung der Magnetnadel ist bereits von mehreren Physikern ausgesprochen worden und namentlich hat Horner auf dieselbe aufmerksam gemacht [33]).

33) Gehler's Wörterb. N. A. I, 155.

Digitized by Google

Wie es sich im Allgemeinen damit verhalten möge, läßt sich bis jetzt aus Mangel an Beobachtungen nicht sagen. Für Petersburg, wo die Nadel nach Osten zurückkehrt, stellt Kupffer das Gesetz auf, daß die horizontale Nadel vom März bis August sich nach Westen bewegt, die übrige Zeit des Jahres aber nach Osten, so daß die östlichen Bewegungen im Laufe eines jeden Jahres mehr betragen als die westlichen [34]), es darf dabei aber nicht übersehen werden, daß die zum Grunde gelegten Messungen nur eine Zeit von etwa anderthalb Jahren umfassen und nur an einzelnen Tagen gemacht worden sind. Ich bemerke jedoch zugleich, daß die Beobachtungen von Gauß vom März 1834 bis Januar 1835 auf ein ähnliches Gesetz zu deuten scheinen, jedoch sind auch hier die Variationen so klein, und der Zeitraum, welchen sie umfassen, so kurz, daß ich es bezweifle, ob wir daraus schon ein allgemeines Resultat herleiten dürfen.

Die Inclination ist ähnlichen regelmäßigen Aenderungen unterworfen, als die Declination. Diese Variationen wurden zwar schon von älteren Physikern geahnet, jedoch waren die Instrumente zu unvollkommen, um dieselben zu erkennen. Erst in neueren Zeiten haben Arago und Kupffer mit bessern Vorrichtungen Beobachtungen gemacht und Letzterer leitet aus seinen Messungen zu Petersburg folgende Resultate her [35]):

1) Die Neigung ist um 10 Uhr Morgens größer als um 10 Uhr Abends, in jenem Momente erreicht sie ihr Maximum, in diesem ihr Minimum. Jedoch ist die Stunde des Maximums beständiger als die des Minimums, welche zuweilen, besonders im Sommer, schon um 5 Uhr Nachmittags eintritt [36]).

2) Die tägliche Variation der Neigung ist im Sommer größer als im Winter, wo sie fast verschwindet. Die folgende Tafel enthält das Mittel der Variationen; es ist dabei jedoch zu bemerken, daß die vom November 1830 bis Januar 1831 gefundenen Größen nur auf Messungen an wenigen Tagen beruhen:

---

34) Poggendorff's Annalen XXV, 222 u. 484

35) Das. XXV, 212.

36) Es wäre die Frage, ob künftige, längere Zeit fortgesetzte Beobachtungen für die Wendestunden nicht die Momente geben, wo die Abweichungsnadel durch den Meridian geht.

Digitized by Google

1830	August	5′,4
	September	4,1
	November	3,1
	December	1,5
1831	Januar	0,3
	Februar	0,3
	März	2,9
	April	3,5
	Mai	3,3
	Junius	2,8
	August	2,9
	September	1,8

3) Obgleich die Inclination in Petersburg im Allgemeinen abnimmt, so nimmt sie doch vom December bis gegen den Mai zu, so daß sie vier Monate wächst und acht Monate kleiner wird.

Die Intensität ist ebenfalls täglichen und jährlichen Oscillationen unterworfen, jedoch sind die Gesetze derselben wenig bekannt, hauptsächlich deshalb, weil die Beobachter bei den Schwingungen der Magnetnadel nicht immer die wegen der Temperatur erforderliche Correction angebracht haben. Rieß und Moser haben die wichtigsten Beobachtungen darüber zusammengestellt [37]), aus denen jedoch nur die Thatsache folgt, daß die horizontale Intensität etwa Morgens zwischen 7 und 9 Uhr ihren kleinsten und zwölf Stunden später ihren größten Werth erreicht. Bezeichnen wir die kleinste Intensität am Morgen mit 1, so finden wir am Abend in Berlin in den einzelnen Monaten folgende Größen [38]):

1830	Mai	1,004393
	Junius	1,003238
	Julius	1,003152
	August	1,003217
	September	1,002414
	October	1,001737
	November	1,000733
	December	0,999879
1831	Januar	0,999417
	Februar	0,999964

37) Poggendorff's Annalen XIX, 170.

38) Rieſs de telluris magnetismi mutationibus p. 41.

Digitized by Google

Es ist demnach die tägliche Variation in den drei Sommermonaten fast constant und erreicht hier ihr Maximum, dann nimmt sie gegen den Winter ab und verschwindet im November fast ganz, im December, Januar und Februar aber zeigt sie einen entgegengesetzten Gang, indem sie dann am Abend kleiner ist. Ob dieser Gegensatz zwischen Winter und Sommer naturgemäß sey oder nicht, läßt sich bis jetzt noch nicht bestimmen; es geht daraus nur soviel hervor, daß die Variationen im Sommer weit größer sind, als im Winter, was auch durch die Beobachtungen von Kupffer in Kasan bestätigt wird [39]), welcher das ganze Jahr hindurch am Abend eine größere Intensität fand; nur im Februar schien dieselbe am Abend eben so groß oder nur wenig kleiner zu seyn, als am Morgen. Ich darf es jedoch nicht unerwähnt lassen, daß auch Reich in Freiberg durch Beobachtungen, welche freilich nur an einzelnen Tagen gemacht sind, in den Wintermonaten am Abend eine geringere Intensität erhielt, als am Morgen [40]). Es zeigen diese Bemerkungen hinreichend, wie sehr es noch umfassender Beobachtungen bedarf; zugleich aber bleibt noch die Frage unbeantwortet, wie weit dasjenige, was wir als arithmetisches Mittel aus mehreren im Laufe des Tages gemachten Messungen erhalten, von der wahren mittlern Intensität abweiche.

Für die jährliche Periode der Intensität stellte Hansteen nach seinen ersten Untersuchungen den Satz auf, daß sie vom Anfange des Jahres bis zur Mitte des Julius abnehme und sodann wieder bis zum Januar steige [41]); nachdem er jedoch die wegen der Temperatur des Stahlcylinders erforderliche Correction angebracht hatte, fand er, daß die Intensität im Sommer größer sey, als im Winter [42]), ohne daß er das Verhältniß in diesen beiden Jahreszeiten angiebt. Bis jetzt sind mir nur zwei Reihen von Beobachtungen bekannt, welche regelmäßig längere Zeit fortgesetzt sind und einigermaßen dazu dienen können, diese Periode zu erkennen, nämlich von Rieß in Berlin vom Mai 1830 bis

39) Poggendorff's Annalen X, 549.
40) Das. XVIII, 63.
41) Das. III, 359.
42) Das. IX, 162.

Digitized by Google

zum Februar 1831 [43]), und von Kupffer zu Kasan vom October 1825 bis zum November 1826 [44]); Ersterer giebt die aus Morgen- und Abendbeobachtungen folgende mittlere Intensität, indem er dabei von einer willkührlichen Einheit ausgeht; Letzterer giebt die Dauer einer Oscillation am Morgen und Abend; ich habe daraus die Intensität in den verschiedenen Monaten hergeleitet, indem ich die im October als Einheit ansehe. Folgende Tafel enthält die an beiden Orten gefundenen Intensitäten:

Monat	Berlin	Kasan
Januar	0,988304	1,001353
Februar	0,988130	1,002090
März		1,001474
April		1,001846
Mai	0,994624	1,001737
Junius	0,993556	1,001589
Julius	0,990549	1,001198
August	0,989194	1,000935
September	0,989355	1,000216
October	0,989714	1,000000
November	0,990163	1,000672
December	0,988150	1,001192

Betrachtet man zunächst die Größen für jeden dieser beiden Orte allein, so erkennt man sogleich Unregelmäßigkeiten, ein Beweis, daß mehrjährige Beobachtungen erforderlich sind, die Anomalieen zu entfernen; noch mehr aber tritt die Wahrheit dieser Behauptung hervor, wenn wir beide Orte mit einander vergleichen. So ist im Februar die Intensität in Berlin am kleinsten, in Kasan am größten; in Berlin finden wir vom August bis October eine schwache Zunahme, in Kasan eine Abnahme der Intensität. In Berlin sind ferner die Aenderungen im Laufe des Jahres fast dreimal größer als in Kasan. Wofern also nicht eine verschiedene Lage gegen die Magnetpole bedeutende Verschiedenheiten in dieser Periode verursacht, sind die bisherigen Erfahrungen so beschaffen, daß wir noch nichts Genaueres über diesen Gegenstand sagen können.

43) Riefs variat. Magn. terrestris p. 43.
44) Poggendorff's Annalen X, 549.

Deutet aber diese jährliche Periode auf eine Aenderung in der Intensität? oder zeigt das horizontale Moment zu verschiedenen Jahreszeiten bei unveränderter totaler Intensität nur eine ungleiche Neigung an? Bis jetzt läßt sich hierüber gar nichts sagen, da es ganz an gleichzeitigen Messungen beider Elemente fehlt. Zwar beobachtete Foster im Hafen Bowen mehrmals gleichzeitig die Schwingungen einer horizontalen und einer Neigungsnadel, und glaubte daraus schließen zu dürfen, daß die täglichen Aenderungen der Intensität nur von denen der Inclination herrührten; indessen bemerken Moser und Rieß [45]), daß sie in diesen Beobachtungen Alles, nur keinen Grund zur Unterstützung dieser Meinung gefunden haben. Die oben mitgetheilten Beobachtungen über die Intensität in Berlin würden vom Februar bis Mai eine Abnahme in der Neigung von 9′ erfordern, und zwar würde diese Aenderung der Inclination sehr nahe mit der von Kupffer in Petersburg gefundenen jährlichen Periode übereinstimmen. Es wäre indessen auch wohl möglich, daß beide Ursachen gleichzeitig hiebei thätig waren.

Unter den verschiedenen Hypothesen, welche aufgestellt worden sind, um diese regelmäßigen Aenderungen der Declination zu erklären, erwähne ich hier zunächst die von Mairan gegebene [47]). Darnach ist die Sonnenatmosphäre, welche sich als Zodiakallicht und Polarlicht zeigt, Ursache dieser Bewegungen, indem feine Theilchen von ihr ausströmen und auf die Nadel wirken. Daraus würde aber zugleich folgen, daß diese Variationen am Aequator weit größer wären, als in höheren Breiten, eine Folgerung, welche zwar Mairan noch nicht prüfen konnte, die aber durch die späteren Beobachtungen hinreichend widerlegt worden ist. Eine ähnliche Ansicht, nach welcher diese Bewegungen der Sonne zugeschrieben werden, hatte auch Coulomb [48]). Indem er sich bei dieser seiner ersten Arbeit über die magnetischen

45) Poggendorff's Annalen XIX, 179.

47) Traité de l'aurore boréale. 4. Paris 1754. p. 455.

48) Mémoires présentés IX, 260. Sehr richtig bemerkt Moser über diese Ansicht, daß Coulomb sie nicht aufgestellt haben würde, wenn schon zu seiner Zeit das Factum bekannt gewesen wäre, daß der Südpol der Nadel in der südlichen Halbkugel dieselbe Bewegung während des Tages hat, als bei uns der Nordpol. Vorträge über Naturwissenschaften in der physicalisch-öconomischen Gesellschaft zu Königsberg. 8. Königsberg 1834. I, 236.

Phänomene auf die theoretischen Ansichten von Aepinus stützte, denen zufolge in dem einen Pole einer Nadel ein Ueberschuß von natürlichem magnetischen Fluidum vorhanden ist, während dieses im zweiten fehlt, nahm er an, daß die als Zodiakallicht bekannte Sonnenatmosphäre magnetisches Fluidum sey und auf die Erde wirke, indem es aus den zunächst liegenden Theilen des Erdballs das Fluidum forttreibe. Nothwendig wirkt dieses Fluidum auf die der Sonne zunächst liegende und von ihr erleuchtete Halbkugel der Erde stärker als auf die andere; wenn demnach die Sonne östlich vom Meridiane eines Ortes steht, so wird das Fluidum nach Westen getrieben, wohin sich dann zugleich der Nordpol der Nadel bewegt.

Andere Physiker haben die Ursache in den Magneten gesucht, welche sie ins Innere der Erde verlegt haben, deren Intensität durch die Sonnenwärme geändert würde. Unter diesen Hypothesen zeichnet sich besonders die von Canton entwickelte aus [49]). Stellt man nämlich eine Magnetnadel zwischen zwei künstliche Magnete, so daß der Nordpol von jedem derselben angezogen wird, und erwärmt den einen von ihnen, so verliert dieser an Kraft und die Nadel bewegt sich zum zweiten, relativ stärkern Stabe. Auf eine ähnliche Art verlieren die östlich vom Meridiane liegenden Punkte am Morgen wegen ihrer höhern Temperatur an magnetischer Intensität und die Nadel bewegt sich daher nach Westen, bis einige Zeit nach der Culmination der Sonne die Temperatur der westlichen Gegenden die der östlichen übertrifft, worauf die Nadel nach Osten zurückkehrt. Eine ähnliche Ansicht wurde auch von Prévost entwickelt [50]), jedoch machten van Swinden [51]) und Coulomb [52]) in ihren Preisschriften über

49) Phil. Trans. for 1759. Vol. LI. p. 401.

50) Prévost vom Ursprunge der magnetischen Kräfte. Uebers. von Bourguet. 8. Halle 1794. S. 152 fg.

51) Mém. présentés VIII, 468. — Bei van Swinden's Kritik der verschiedenen Hypothesen darf der Umstand nicht übersehen werden, daß er sich auf zwei Thatsachen stützte, welche sich allen späteren Erfahrungen zufolge als unrichtig erwiesen haben, daß nämlich verschiedene Nadeln bedeutende Differenzen in Betreff dieser Variationen zeigten und daß letztere an nahe liegenden Orten sehr verschieden wären. Diese mit unvollkommenen Instrumenten gesammelten Erfahrungen führten ihn zu der Ansicht, daß das ganze Phänomen wohl in den Nadeln seinen Grund haben möchte.

52) Mém. présentés IX, 261.

Digitized by Google

diesen Gegenstand verschiedene Einwendungen dagegen. Ersterer behauptete nämlich, daß die Ursachen, durch welche die Stellung der Nadel bedingt würde, in bedeutender Tiefe lägen, bis zu welcher sich die periodischen Aenderungen der Wärme nicht erstreckten; Letzterer meinte, daß durch diese beständig wiederholte Schwächung in Folge der Erwärmung aller Magnetismus der Erde längst zerstört seyn müßte, ein Einwurf, welcher indeß nach den Bemerkungen von Hällström [53]) dadurch beseitigt wird, daß die durch Erwärmung geschwächten Nadeln bei der Erkaltung ihre frühere Intensität wieder erlangen, was auch alle spätern Erfahrungen hinreichend bestätigt haben.

Nachdem Hansteen die Lage der beiden Magnetaxen der Erde bestimmt hatte, suchte er auch das vorliegende Problem zu lösen, indem er die Einwirkung von Sonne und Mond auf die Erde einer nähern Prüfung unterwarf [54]). Dabei aber kam er zu dem Resultate, daß die größte westliche oder östliche Declination nicht an allen Orten zu derselben Stunde Statt fände, eine Thatsache, welche sich aus Mangel an Beobachtungen im Jahre 1819 noch nicht prüfen ließ, die aber durch die späteren Erfahrungen hinreichend widerlegt worden ist.

Bei einer jeden dieser Hypothesen blieben viele Schwierigkeiten vorhanden; man erkannte zwar die mächtige Einwirkung der Sonne auf diese Bewegungen, jedoch blieb das innere Wesen dieser Wirkung völlig unbekannt. Da entdeckte Oersted den Electromagnetismus, und sogleich änderte sich der ganze Gesichtspunkt, von welchem aus die vorliegenden Phänomene betrachtet werden mußten. Als späterhin Seebeck den Thermomagnetismus und Arago den Rotationsmagnetismus entdeckt und gezeigt hatte, daß alle Naturkörper im Stande wären, magnetische Polarität zu erlangen, so erweiterte sich der Gesichtspunkt immer mehr, und die neuesten Entdeckungen Faraday's, durch welche alle Phänomene, welche bis dahin isolirt da standen, zu einem harmonischen Ganzen verbunden werden, nöthigen uns, die älteren Hypothesen, bei denen allemal eine Menge von Schwierigkeiten übrig blieben, gänzlich aufzugeben und auf diesem Wege eine ge-

53) Gilbert's Annalen XIX, 290.

54) Hansteen Untersuchungen S. 471.

genügende Erklärung zu versuchen. Kaum waren daher die ersten Elemente dieser Lehre aufgefunden, so bemühten sich mehrere Physiker das Problem auf diese Art zu erklären. Ich nenne unter diesen nur Ampere, Barlow, und besonders Hansteen, welcher einen Versuch machte, die Erscheinungen in quantitativer Hinsicht zu bestimmen [55]), Kupffer und Andere. Niemand jedoch hat das Phänomen so ausführlich betrachtet, als Moser [56]), und wenn auch seine Untersuchungen in der Folge noch modificirt werden dürften, so scheint mir doch der von ihm eingeschlagene Weg derjenige zu seyn, auf welchem man zuerst dahin gelangen dürfte, die Erscheinung in allen ihren Umständen zu erklären. Ich will hier in der Kürze das Wichtigste seiner Arbeiten mittheilen.

Ich habe bereits früher erwähnt, daß Moser allen Theilen, aus denen die Erdrinde besteht, magnetische Kraft zuschreibt, und daß der anziehende Mittelpunkt für jeden Ort der Erde den Magnetpol bestimmt. Sehen wir nun, daß die Magnetnadel ihre Richtung so wie die Dauer einer Oscillation ändert, so können wir entweder dem Pole eine veränderliche Lage und Stärke geben, oder wir können ihn unverändert lassen und einen seitwärts gelegenen zweiten annehmen und dessen Lage und Kraft zu bestimmen suchen. Wird der erste Pol mit diesem zweiten, welchen Moser den veränderlichen Pol nennt, combinirt, so erhält man als Resultat die Veränderung, welche überhaupt in dem magnetischen Systeme des Ortes eingetreten ist; zugleich aber giebt uns diese Betrachtung ein Mittel an die Hand, nicht nur die oft plötzlich eintretenden Wanderungen der Magnetnadel, sondern auch zugleich die Differenzen zu erklären, welche zwischen den beobachteten Elementen und denjenigen Statt finden, welche durch die oben S. 397 gegebenen Formen gefunden sind.

---

55) Magazin for Naturvidenskaberne II, 110. Eine spätere Arbeit, in welcher er diesen Gegenstand ausführlicher betrachten wollte, ist bis jetzt noch nicht vollendet. Der erste Theil derselben (Poggendorff's Annalen XXI, 361) behandelt zunächst nur die Säcularveränderungen, die Fortsetzung ist aber seit mehreren Jahren noch nicht erschienen.

56) Poggendorff's Annalen XXVII, 49. XXXIV, 63.

Gehen wir nämlich von den daselbst gegebenen Gleichungen

$$\text{tang } J = \frac{20 \sin \varphi - 4b - 3b \sin^2 \varphi}{10 \cos \varphi - 6b \sin^2 \varphi} \qquad (d)$$

$$K = \frac{H}{\cos J} = \frac{N}{\sin J} \qquad (e)$$

aus, so können wir durch Vergleichung der mittelst derselben gefundenen Größen mit den beobachteten, unter Hinzuziehung der Declination, die Lage des veränderlichen Poles berechnen, der in diesem Falle den Schwerpunkt aller klimatischen Störungen in Beziehung auf diesen Ort darstellt. Es sey

J die berechnete, i die beobachtete Inclination,
K die berechnete, k die beobachtete Intensität,
D die Declination.

Setzen wir nun $\frac{k \cos i}{K \cos J} = d$

$$\frac{d^2+1}{d^2-1} \text{ tang } D = \text{tang } v$$

so ist $\cos (2y - v - D) = \cos (v - D) - \frac{2 \sin D \cdot \sin v}{d^2+1}$

Hieraus ergiebt sich y oder der Winkel, welchen der veränderliche Pol mit dem terrestrischen Meridiane macht. Seine Intensität nach dem Horizonte zerlegt, verhält sich zu der der ganzen Erde wie p : 1, und

$$p = \frac{\sin D}{\sin (y - D)}$$

Bezeichnet nun λ den Winkel, welchen eine Linie vom veränderlichen Pole, nach dem Beobachtungsorte gezogen, mit der Horizontalebene daselbst macht, dann wird λ gegeben durch die Gleichung

$$\text{tang } \lambda = \frac{\text{tang } J - (1 + p \cos y) \text{ tang } i}{p}$$

Aus y und λ läßt sich nun leicht die Länge und Breite des Punktes finden, an welchem der veränderliche Pol liegt. Man bilde aus diesem Punkte, dem Beobachtungsorte und dem Erdpol ein sphärisches Dreieck, so ist in demselben die Seite, welche dem Erdpole gegenüber liegt $= 2\lambda$; die andere Seite ist ein Complement der Breite, und endlich ist der von beiden Seiten eingeschlossene

Digitized by Google

Winkel = y oder $180^\circ - y$. Diese Bestimmungen gelten für den Fall, wo der veränderliche Pol in Südosten liegt und das nach Süden gerichtete Ende der Nadel anzieht, wodurch eine westliche Declination bedingt wird. Wäre die Declination östlich, so muß — D für D gesetzt werden; findet sich dabei y positiv, so liegt der Pol doch in Südost, nur wird dann p negativ; ein Beweis, daß dieser Pol das Süd-Ende der Nadel abstößt, daß er also in unserer Halbkugel eine niedrigere Temperatur hat. Ist dagegen D positiv, aber y negativ, so liegt der Pol in Südwest, und zwar wird hier p wiederum negativ. Sind endlich D und y negativ, ist aber p positiv, so liegt der Pol in Südwesten und zieht das Süd-Ende der Nadel an. Uebrigens bleiben die Formeln für y und p unverändert, wenn man statt des in SO liegenden Poles einen in Nordwesten annimmt, welcher aber nur das Nord-Ende anzieht. Diese Zweideutigkeit in der Lage des veränderlichen Poles wird indessen durch den Werth von λ entfernt; ist dieser nämlich positiv, so liegt derselbe südlich, dagegen wird er nördlich, wenn λ negativ wird.

Um den veränderlichen Pol für Königsberg zu finden, nimmt Moser die Intensität = 1,7349 (das Minimum der Intensität auf der Erde, nämlich 0,8 als Einheit angenommen); ferner $i = 69^\circ\ 0'\ 51''$ und $D = 13^\circ\ 17'$. Nach der Gleichung (e) wird K = 1,6937 und nach (d) $J = 71^\circ\ 8'\ 20''$. Daraus ergiebt sich

$$y = 68^\circ\ 7'\ 4''$$
$$p = 0{,}281063.$$

Die Breite des veränderlichen Poles ist $44^\circ\ 32'$ und zwar in dem Meridiane, welcher $25^\circ\ 8'$ östlich von Königsberg liegt. Er befindet sich also in der Nähe des caspischen Meeres.

Wenn man nun eine Declinationsnadel nimmt und einen Magneten mit seinem feindschaftlichen Pole in einer südöstlichen Richtung nähert, so daß derselbe mit dem terrestrischen Meridiane einen Winkel von $68^\circ\ 7'$ oder mit der Nadel einen von $54^\circ\ 50'$ bildet; wenn ferner die Abstoßung dieses Magneten auf die Nadel sich zu der Anziehung der ganzen Erde auf derselben wie 0,2811 : 1 verhält, dann wird die Nadel genau nach Norden zeigen und diejenige Richtkraft haben, die ihr nach dem ange-

nommenen Gesetze $\sin \varphi - b \sin {}^2\varphi$ zukommt. Die anderweitigen Störungen wären dann gänzlich aufgehoben und die Nadel nur noch empfindlich für die Variation dieser Störungen, für die täglichen, monatlichen und Säcularänderungen der Wärme. Wenn man also diese Nadel statt der gewöhnlichen Declinationsbouffole beobachtete, so würde man das getreue Bild dieser veränderlichen Störungen bekommen und sie durch alle ihre Perioden hindurch verfolgen können, wie dieselben während des Tages von O nach W und während des Jahres von N nach S gehen. Eine solche Nadel hat man augenblicklich, ohne das Verhältniß 0,2811 zu kennen, sobald man irgend einen Magneten in dem Azimuth 68° 7′ so lange nähert und entfernt, bis der Nordpol der Nadel nach Norden zeigt.

Durch diese Substitution des veränderlichen Poles wird es uns möglich, die wirklich Statt findende Declination und Inclination der Magnetnadel zu bestimmen, und es dürfte mehr als wahrscheinlich seyn, daß nur die Vertheilung der Wärme, nicht blos in der Atmosphäre, sondern auch in der Erdrinde Ursache der Erscheinungen ist. Wenn wir nun von der Vorstellung ausgehen, daß die Erde einen selbstständigen Magnetismus besitzt, welcher des Tages durch die Wirkung der Sonnenwärme einen Verlust erleidet, so sind wir im Stande, daraus auch die regelmäßigen täglichen Variationen herzuleiten. Wir dürfen nämlich den veränderlichen Pol bei den regelmäßigen Veränderungen nur der Bedingung unterwerfen, sich auf einer Kugel zu bewegen und das nach Süden zeigende Ende der Nadel anzuziehen. Wollen wir indessen ein getreues Bild von der Wirkung der Sonne auf den magnetischen Zustand der Erde haben, so muß man sich noch über diejenigen Werthe von Abweichung, Neigung und Kraft vereinigen, von welchen man ausgehen will. Um diesen Fundamentalzustand zu bestimmen, stellt Moser folgende Betrachtungen an.

Dieser Zustand ist dadurch charakterisirt, daß, wenn man von ihm ausgeht und den veränderlichen Pol zu irgend einer Zeit des Tages berechnet, er an denselben Ort der Erde zu liegen kommt, den man erhalten würde, falls zu dieser Zeit erst die Sonnenwirkung für diesen Tag anfinge. Die Temperatur der Erdoberfläche ändert sich von Tag zu Tag, jeden Tag aber ist sie

Digitized by Google

eine bestimmte, für die verschiedenen Orte verschiedene. Diese Temperatur eines gewissen Ortes ist aber nichts Festes, sondern sie ist der Zeit, wie dem Raume nach, Oscillationen unterworfen. Der Zeit nach, weil die Temperatur zu verschiedenen Stunden des Tages anders ist, und dem Raume nach, weil diese täglichen Temperaturoscillationen an verschiedenen Orten, früher oder später, je nach ihrer geographischen Lage, eintreten. Denkt man sich diese verschiedenartigen Oscillationen in den festen Zustand übergehend, der ihnen zum Grunde liegt, so würde derselbe zugleich den gesuchten magnetischen Fundamentalzustand für diesen Tag abgeben. Es ist also nicht derjenige, der aus dem Mittelwerth der nächtlichen Beobachtungen hervorgeht, trotz dem, daß es den Anschein haben könnte, als müßte man gerade von diesem ausgehen, da keine Einwirkung der Sonne, so lange sie unter dem Horizonte steht, vorhanden ist. Er ist es nicht, weil die Erde während der Nacht erkaltet, und zwar vorzugsweise auf der östlichen Seite des Beobachtungsortes. Es liegt also während der Nacht ein veränderlicher Pol in Osten, und zwar der das Nord-Ende der Nadel anzieht, daher dasselbe in dieser Zeit zu sehr nach Osten zeigte. Dieser veränderliche Pol geht gar nicht durch den magnetischen Meridian, denn sobald die westliche Seite vom Beobachtungsorte ins Maximum der Erkaltung tritt, ist auf der östlichen schon die Sonne aufgegangen. Daher wird die Nadel in keinem Momente während der Nacht die Declination haben, welche hier verlangt wird, und die man beobachtet, wenn der veränderliche Pol durch den Meridian geht, sein Azimuth also $= 0$ ist.

Eben so wenig als der Fundamentalzustand das Mittel aus den Beobachtungen während der Nacht ist, so wenig ist er das Mittel aus denen des Tages. Das erstere ist ein Resultat der Erwärmung, die wegen der Langsamkeit der Temperaturveränderungen der Erdrinde überwiegend in Osten ist; das zweite das Resultat einer Erkaltung eben daselbst. Der Fundamentalzustand aber soll gerade der nicht seyn, wo die Sonnenwirkung auf einer oder der andern Seite überwiegt, denn das Erkalten in Osten ist ebenfalls ein, wenn auch indirecter Effect der Sonne.

Nichts desto weniger wird der Fundamentalzustand näher dem Mittelwerthe aus den Beobachtungen während der Nacht,

als dem Mittel aus denen des Tages liegen, weil der directe Einfluß der Sonne auf die Temperaturerhöhung größer ist, als ihr indirecter bei der nächtlichen Erkaltung.

Dieselbe Richtung, welche die Declinationsnadel bei dem Fundamentalzustande zeigt, wird sie annehmen, wenn der veränderliche Pol durch den magnetischen Meridian geht; denn beide Pole, der feste wie der veränderliche, wirken dann in gleicher Richtung. Dieses Durchgehen des veränderlichen Poles durch den Meridian wird später noch eintreten, als das Maximum der Wärme an dem Orte der Beobachtung, weil dasselbe nicht blos von dem Maximum der Temperatur der Erdrinde daselbst, sondern von der Wärme aller auf die Nadel noch wirkenden magnetischen Punkte abhängt.

Die gleiche Richtung der Declinationsnadel am Vormittage, wo die Intensität des veränderlichen Poles $= 0$, und des Nachmittags, wo sein Azimuth $= 0$, ist nicht mit einem ähnlichen Phänomen für die Intensität und die Inclinationsnadel verbunden, wobei wir unter der Intensität stets den durch Oscillationen bestimmten horizontalen Theil verstehen. Die Inclination wird Vormittags, wo seine Intensität $= 0$ ist, ein Maximum seyn, und Nachmittags, wo sein Azimuth $= 0$ ist, ein Minimum. Umgekehrt die Intensität. Es sind dieses einfache Folgerungen aus dem Umstande, daß der Pol in unseren Breiten, wegen des Standes der Sonne südlich vom Beobachter liegt und das nach Süden gerichtete Ende der Nadel anzieht. Die Erfahrung zeigt, daß beide Erscheinungen nahe so Statt finden, wie es diese Ansicht erfordert.

Die Zeit, wo das arithmetische Mittel aus allen Declinationsbeobachtungen während des Tages und der Nacht Statt findet, d. h. die Zeit zwischen 10 und 11 Uhr Morgens, giebt also den gesuchten magnetischen Zustand, mit welchem alle übrigen während des Tages verglichen werden müssen.

Auf eine ähnliche Art als die täglichen Variationen verglichen werden, können wir auch die jährlichen untersuchen. Jedoch zeigen sich hiebei einige Verschiedenheiten. Die Aenderungen während des Tages rühren von der Erwärmung der östlich und westlich liegenden Orte her, sie sind daher an der Declinationsnadel am merklichsten, unbedeutender dagegen bei Inclination und In-

Digitized by Google

tenſität. Die Veränderungen während des Jahres dagegen rühren hauptſächlich von der Temperaturverſchiedenheit in nördlich und ſüdlich gelegenen Gegenden her, ſie werden daher bei der Inclination und Intenſität weit mehr wahrnehmbar ſeyn, als bei der Declination. Jedoch hält es bis jetzt noch ſchwer, dieſe im Laufe des Jahres erfolgenden Aenderungen näher zu beſtimmen, da es noch zu ſehr an Beobachtungen hierüber fehlt und wir oben geſehen haben, daß die Declination in verſchiedenen Monaten noch keineswegs mit hinreichender Schärfe beſtimmt worden iſt, ſo daß es unmöglich iſt, den Maaßſtab der Erfahrung an dieſe Anſicht zu legen. Da aber das ganze Syſtem der Iſothermen im Sommer eine andere Geſtalt hat, als im Winter, ſo muß ſich damit auch zugleich die Richtung und Stärke ändern.

Indem wir auf dieſe Art die Variationen der magnetiſchen Elemente von meteorologiſchen Phänomenen, hauptſächlich von der Aenderung der Temperatur abhängen laſſen, folgt ſogleich aus dem Geſagten, daß ungewöhnliche Wärmeverhältniſſe auf einem Theile der Erde ſogleich eine Richtung der Magnetnadel bedingen, welche von dem normalen Zuſtande abweicht. Um hierüber zu entſcheiden, würden außer der Declination auch genaue Meſſungen der mittlern Temperatur auf einen großen Theil der Erdoberfläche erforderlich ſeyn; gegenwärtig iſt es nur möglich, einige allgemeine Andeutungen zu geben. Betrachten wir z. B. die mittleren Declinationen, wie ich ſie oben nach den Meſſungen von Caſſini gegeben habe. So geht die Nadel im Allgemeinen vom Junius bis zum Julius noch etwas nach Oſten, dagegen geht ſie im Jahre 1786 während dieſer Zeit etwa 3 Minuten nach Weſten, aber in eben dieſem Jahre zeichnete ſich der Julius durch eine ziemlich niedrige Temperatur aus, denn dieſe iſt z. B. in Rochelle $1^{\circ},95$, in Middelburg $2^{\circ},39$ und in Ofen $1^{\circ},87$ kleiner als das Mittel. Eben ſo geht die Nadel vom November bis December 1788, der Regel zuwider, etwa 3 Minuten nach Oſten zurück, aber der December des gedachten Jahres zeichnete ſich durch eine ſehr bedeutende Kälte aus. Es möge hier genügen, einige dieſer Anomalieen im Allgemeinen angedeutet zu haben, zu einer ſpeciellen Verfolgung derſelben würde eine genauere Unterſuchung über die Vertheilung der Wärme zu dieſer Zeit erforderlich ſeyn, wozu es aber ganz an Beobachtungen fehlt. Es ſcheint mir nach

Digitized by Google

dem Gesagten aber sehr wahrscheinlich, daß die Messungen der Abweichung, welche in den jüngst verflossenen Jahren mit großem Eifer gemacht worden sind, in Vergleich mit den künftig anzustellenden, große Anomalieen zeigen werden, da die Witterung und namentlich die Temperatur seit dem Sommer 1833 und in den beiden folgenden Jahren so bedeutende Abweichungen von dem Mittel vieljähriger Beobachtungen gezeigt hat.

Einen andern Grund für den Zusammenhang der Bewegungen der Magnetnadel mit meteorologischen Phänomenen müssen wir darin suchen, daß die täglichen regelmäßigen Oscillationen der Magnetnadel in den Sommermonaten weit bedeutender sind, als im Winter, gerade so wie wir dieses auch bei den täglichen Aenderungen der Wärme finden. Man könnte allerdings gegen diese Thatsache, auf welche auch Moser ein großes Gewicht legt, die Bemerkung machen, daß das Zusammentreffen beider Phänomene nur zufällig sey, ohne daß sie in einem innern Causalzusammenhange stehen, da ja die meisten übrigen Phänomene ein ähnliches Gesetz zeigen. Dieser Einwurf wird jedoch durch eine zuerst von Schübler [57]) gemachte und darauf von Farquharson [58]) bestätigte Erfahrung widerlegt. Es ist nämlich die Größe der täglichen Variationen an mehreren auf einander folgenden Tagen sehr ungleich, sie ist aber an heiteren Tagen bei weitem größer als an trüben; es scheint aus den Beobachtungen von Farquharson aber zugleich zu folgen, daß es nicht sowohl das Licht der Sonne ist, welches hiebei eine Rolle spielt, als vielmehr die Leichtigkeit, mit welcher die von den Sonnenstrahlen ausgehende Wärme in den Boden dringt. Es schließt sich also auch diese Thatsache an die analoge bei dem Thermometer Statt findende an, daß auch die täglichen Variationen der Temperatur an heitern Tagen weit größer sind als an trüben.

Es scheint mir noch ein anderer Umstand für diesen Zusammenhang zwischen den Bewegungen der Magnetnadel und meteorologischen Phänomenen zu sprechen. Wir haben früher gesehen, daß die Winde einen entschiedenen Einfluß auf die Temperatur der Atmosphäre hätten, indem diese bei südlichen Winden höher wäre,

57) Schweigger's Jahrb. XXXVIII, 305.

58) Philos. Trans. 1830. S. 115.

Digitized by Google

als bei nördlichen; damit hing der ungleiche Barometerstand bei verschiedenen Winden innig zusammen, und ähnliche Verhältnisse zeigt der Dampf, mögen wir nun seine absolute Menge oder den Feuchtigkeitszustand der Luft betrachten. Und völlig dasselbe findet auch bei der Magnetnadel Statt. Stellen wir nämlich die bei den einzelnen Winden beobachteten Declinationen zusammen, so ergeben die von mir untersuchten Orte mit einer großen Wahrscheinlichkeit den Satz, daß die westliche Declination bei südwestlichen Winden etwas kleiner sey, als bei nordöstlichen. Allerdings stellt sich bei dieser Untersuchung die Schwierigkeit entgegen, daß das betrachtete Phänomen regelmäßige Perioden hat; um diese zu eliminiren, habe ich zuerst das Mittel aller Beobachtungen genommen; hierauf suchte ich die Größe auf, um welche das Mittel der zu einer gegebenen Stunde in einem gegebenen Monate gemachten Ablesungen von dem allgemeinen Mittel abwich, und brachte diese Differenz bei einer jeden einzelnen Messung als Correction an. Dadurch glaube ich den Einfluß der regelmäßigen Aenderungen gänzlich eliminirt zu haben, und dasjenige, was nun noch übrig bleibt, enthält außer dem allgemeinen Mittel das Aggregat aller von außen unregelmäßig auf die Nädel wirkenden Störungen.

Mannheim.

Zehnjährige Beobachtungen (1781 — 1786, 1789 — 1792) von Hemmer, welche in den Mannheimer Ephemeriden mitgetheilt werden, geben für die Declination folgende Größen:

Wind	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
N	19° 56′,06	19° 56′,05	— 0′,01
NO	55,99	56,04	+ 0,05
O	55,94	55,86	— 0,08
SO	55,52	55,59	+ 0,07
S	55,37	55,33	— 0,04
SW	55,23	55,23	0
W	55,41	55,43	+ 0,02
NW	55,82	55,80	— 0,02

Ganz deutlich tritt hier die größere westliche Abweichung bei nördlichen Winden hervor, und wenn die mitgetheilten Größen gra-

Digitized by Google

phisch construirt werden, so erhält man eine ziemlich regelmäßige Curve. Um das Gesetz dieser Aenderungen zu übersehen, habe ich für die mittlere Declination D_n des nten Punktes der Windrose, diese von N nach O gerechnet, folgende Gleichung entwickelt:

$$D_n = 19^\circ\,55',6675 + 0',4186 \sin(n.45^\circ + 59^\circ\,17') + 0',0360 \sin(n.90 + 146^\circ\,9')$$

Die obige Tafel enthält die nach dieser Gleichung berechneten Werthe und die Abweichungen dieser von den durch unmittelbare Beobachtung gegebenen sind so klein, daß wir diese Formel als ziemlich naturgemäß ansehen dürfen.

Berlin.

Dreijährige Beobachtungen von Beguelin (1783, 84, 86), welche in den Mannheimer Ephemeriden mitgetheilt werden, geben für die westliche Abweichung bei verschiedenen Winden folgende Größen:

Wind	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
N	18° 3',95	18° 4',09	+0',14
NO	3,94	3,89	—0 05
O	3,83	3,79	—0,04
SO	3,63	3,71	+0,08
S	3,35	3,30	—0,05
SW	2,96	2,92	—0,04
W	3,06	3,20	+0,14
NW	4,03	3,85	—0,18

Die in obiger Tafel enthaltenen Größen geben die Gleichung:

$$D_n = 18^\circ\,3',5938 + 0',4922 \sin(n.45^\circ + 53^\circ\,11') + 0',2159 \sin(n.90^\circ + 151^\circ\,39')$$

Die Resultate sind also nahe dieselben, welche uns die Beobachtungen zu Mannheim gegeben hatten. Die nach dieser Gleichung berechneten Größen weichen wenig von den durch die Beobachtungen gegebenen ab.

Digitized by Google

London.

Die Beobachtungen, welche Beaufoy in Bushey Heath in der Nähe von London vom April 1817 bis April 1819 anstellte und in den entsprechenden Jahrgängen der Annals of philosophy mittheilte, geben folgende Größen:

Wind	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
N	24° 42′,90	24° 42′,51	— 0′,39
NO	42,91	43,30	+ 0,39
O	43,63	43,41	— 0,22
SO	43,00	43,14	+ 0,14
S	42,33	42,49	+ 0,16
SW	42,09	41,94	— 0,15
W	41,53	41,51	— 0,02
NW	41,43	41,82	+ 0,39

Die obigen Größen lassen sich durch die Gleichung

$$D_n = 24^\circ\,42',4775 + 0',9475 \sin(n \cdot 45^\circ + 0^\circ\,36') + 0',1436 \sin(n \cdot 90^\circ + 7^\circ\,0')$$

darstellen, und die darnach berechneten Größen stimmen ziemlich gut mit den durch Beobachtung gegebenen überein, obgleich allerdings die Abweichungen bedeutender sind, als in Berlin und Mannheim.

Bestimmen wir vermittelst dieser Gleichungen die Punkte der Windrose, bei denen die Extreme Statt finden, so ergiebt sich folgende Tafel:

Ort	Maximum	Minimum	Differenz	Wahrscheinlicher Fehler
Mannheim	NNO	SSW	0′,90	0′,0315
Berlin	N	SW	1,20	0,0695
London	ONO	W	2,00	0,1808

Die Differenzen zwischen den Extremen, welche etwas mehr als eine Minute betragen, sind bei weitem größer als die wahrscheinlichen Fehler, so daß die aufgestellte Ansicht, daß die Winde einen großen Einfluß auf die Größe der Abweichung hätten, dadurch einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit erhält. Allerdings zeigen sich zwischen den Punkten des Horizontes, bei denen die Nadel

Digitized by Google

ihren westlichsten oder östlichsten Stand hat, noch bedeutende Differenzen; wir dürfen aber nicht vergessen, daß wir beim Barometer, wo diese Verhältnisse weit bestimmter und klarer hervortreten, ähnliche Unterschiede gefunden haben [59]). Auch die Größe dieser Differenz ist an allen drei Orten sehr verschieden; ich glaube aber, daß das Mittel der Londoner Beobachtungen der Wahrheit näher kommt, als das Mittel der Messungen an den beiden andern Orten. Die Nadel, deren sich Beguelin bediente, scheint etwas träge gewesen zu seyn, wie dieses aus dem geringen Umfange der regelmäßigen täglichen Oscillationen hervorgeht, welche diese Messungen geben, so daß wir dadurch wahrscheinlich für das vorliegende Phänomen eine zu kleine Größe erhalten. Zeigt nun gleich das von Hemmer angewendete Declinatorium eine größere Empfindlichkeit, so tritt doch in dem Rheinthale der Uebelstand ein, daß die allgemein herrschenden Winde häufig durch die umgebenden Höhen eine locale Richtung erhalten, wie es mir daraus zu folgen scheint, daß die mittlere Stärke des westlichen Windes hier bei weitem geringer ist, als an irgend einem andern Orte von Deutschland [60]). Offenbar wird dadurch manchem localen Winde eine Declination zugeschrieben werden, welche ihm nicht zukommt, und dadurch wird die Differenz zwischen den Extremen weit kleiner werden, als es ohne diese Umstände der Fall seyn würde.

Mangel an Beobachtungen mit hinreichend empfindlichen Instrumenten hat mich verhindert, ähnliche Untersuchungen für andere Orte vorzunehmen, das oben Gesagte macht es mir jedoch sehr wahrscheinlich, daß die mitgetheilten Thatsachen naturgemäß seyen; sollte aber durch mehrjährige Fortsetzung der in neueren Zeiten an verschiedenen Orten angefangenen Beobachtungen die Richtigkeit derselben noch mehr erwiesen werden, so würden wir dadurch ein wichtiges Verbindungsglied zwischen den magnetischen und meteorologischen Phänomenen erhalten. Erwägen wir nun, daß die unregelmäßigen Oscillationen der Temperatur in der Nähe des Aequators bei weitem geringer sind, als in höheren Breiten, so wird es hiernach wahrscheinlich, daß dort die Magnetnadel eben so wie das Barometer weit ruhiger stehen

59) Th. II. S. 316.

60) Th. I. S. 225.

Digitized by Google

müsse; zugleich aber müssen wir annehmen, daß der Einfluß der Winde auf Abänderung der Temperatur desto größer werde, je weiter wir uns vom Aequator entfernen. Indem also durch die südlichen Winde vorzugsweise die nördlichen Gegenden erwärmt werden, so muß sich von ihnen der Südpol der Nadel entfernen, die westliche Abweichung wird also kleiner, während bei den kalten nördlichen Winden das Gegentheil erfolgt.

Wofern die gegebenen Thatsachen naturgemäß sind, wird es wahrscheinlich, daß auch andere meteorologische Phänomene einen Einfluß auf die Schwankungen der Magnetnadel ausüben werden, oder daß man wenigstens gleichzeitig auffallende Veränderungen in der Atmosphäre und an der Magnetnadel wahrnehmen wird. Bis jetzt läßt sich hierüber noch nichts Bestimmtes sagen, da einige Erfahrungen für eine solche Einwirkung äußerer Umstände sprechen, während diese von andern Physikern nicht bestätigt sind. Es wäre wohl möglich, daß man bisher noch nicht auf alle Umstände geachtet hat, welche dabei zu berücksichtigen sind, auf eine ähnliche Art, wie dieses bei dem sogleich zu betrachtenden Nordlichte der Fall ist. Mehrere dieser Behauptungen sind indessen so beschaffen, daß die Unvollkommenheit der Instrumente und der Beobachtungsart dadurch erwiesen wird. So theilt Cotte eine etwas dunkle Bemerkung von Vivens mit[61]), zufolge welcher die Magnetnadel bei Stürmen sehr unruhig ist und eine Stellung annimmt, welche von der Richtung abhängt, aus welcher diese Winde wehen; es ist indessen begreiflich, daß eine frei in einem Zimmer hängende Nadel von den zufälligen Luftströmungen mehr oder minder afficirt werden muß. Dagegen behauptet Blondeau in Brest[62]), daß weder die Stärke noch die Richtung des Windes, weder Trockenheit noch Feuchtigkeit, so wenig als die Aenderungen des Barometers, Einfluß darauf haben; dagegen vermuthet er, daß die Gewitter, so wie die gewitterartige Disposition und die Temperatur der Luft, darauf einwirken. Eben so bemerkt Coulomb, daß in zwei Fällen, wo er ungewöhnliche Bewegungen der Magnetnadel beobachtete,

61) Cotte Mémoires II, 107.

62) Aus den Mémoires de l'Académie de Marine I, 385. bei Cotte Mémoires II, 159.

Digitized by Google

trübes und gewitterartiges Wetter herrschte [63]). Dagegen behauptet van Swinden [64]), daß weder Gewitter, noch Stürme, noch Schneefall, noch Barometerstand auf die Bewegungen der Magnetnadel einen Einfluß äußern, und wenn es schien, als ob die Declination sich zu solchen Zeiten bedeutend änderte, so ergab es sich meistens, daß auch Nordlichter sichtbar waren.

Unter allen Erscheinungen, welche wir in der Atmosphäre wahrnehmen, hat jedoch keine einen so bedeutenden Einfluß auf die an einem Orte Statt findenden Elemente des Erdmagnetismus, als das Polarlicht, welches je nach dem Pole, an welchem es erscheint, entweder Nordlicht oder Südlicht heißt. Diese Einwirkung ist so bedeutend, daß nach den Erfahrungen Arago's selbst solche Nordlichter, welche sich unter dem Horizonte eines Ortes befinden, eine Unruhe und unregelmäßige Abweichungen der Magnetnadel bedingen. Es wird demnach mehr als wahrscheinlich, daß die Ursache dieser leuchtenden Erscheinung dieselbe sey, als die dem Erdmagnetismus zum Grunde liegende. Ich will deshalb hier die wichtigsten Umstände, welche bei demselben beobachtet worden sind, mittheilen [64a]).

---

63) Mémoires présentés IX, 261.

64) Das. VIII, 541.

64a) Eine sehr vollständige Literatur über die in den Denkschriften gelehrter Gesellschaften beschriebenen Nordlichter giebt Reuß Repertorium IV, 122. Das ausführlichste Werk ist de Mairan Traité physique et historique de l'aurore boréale. 4. Paris 1744. (die erste Ausgabe ist ein Anhang zu den Mémoires de l'Acad. roy. des Sc. für 1731), es werden darin die meisten früher beobachteten Nordlichter einzeln aufgezählt. Eben dieses geschieht in Frobesius Nova et antiqua luminis atque aurorae borealis spectacula. 4. Helmstadt. 1739. Viele von den Nordlichtern, welche Beide aus früheren Zeiten anführen, waren jedenfalls entweder Höfe oder Feuerkugeln, wie aus den kurzen und unvollständigen Nachrichten hervorgeht, welche die Schriftsteller des Mittelalters geben. Eine ausführliche Beschreibung der wichtigsten beim Nordlichte vorkommenden Erscheinungen giebt Muncke in Gehler's Wörterb. N. A. VII, 113. Unter den vollständigeren Arbeiten über das Wesen der Nordlichter, die in Zeitschriften zerstreut sind, nenne ich besonders Hansteen in Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 188 und XVIII, 353. Biot in Gilbert's Annalen LXVII. Argelander Vorträge in der physic. öconom. Gesellsch. zu Königs-

Nach den übereinstimmenden Zeugnissen der Beobachter, welche im nördlichen Europa wohnen und sich durch mehrjährige Erfahrung an diese dort häufiger als in niederen Breiten sichtbaren Phänomene gewöhnt haben, ist der Vorgang im Allgemeinen folgender. Ein eigenthümliches, schmutziges Ansehen des nördlichen Himmels in der Nähe des Horizontes verkündet, nach den Erfahrungen von Argelander in Åbo [65]), dem aufmerksamen und geübten Beobachter schon im Voraus das Erscheinen eines Nordlichtes. Bald wird die Farbe dunkler und es zeigt sich ein Kreissegment von geringerer oder größerer Ausdehnung mit einem lichten Saume eingefaßt. Dieses Segment hat vollkommen das Aussehen einer dunkeln Wolkenbank. Eben dieses sagen auch Bergmann [66]) und Hansteen [67]). Beide bemerken, in Christiania und Upsala sey dieses Segment bisweilen schwarz und dunkelgrau oder ins Violette spielend; je weiter man aber gegen Norden komme, desto weniger dunkel sey dieses Segment, und in hohen Breiten lasse es sich kaum unterscheiden, wie z. B. Keilhau ausdrücklich bemerkt, daß er es nie in Finnmarken gesehen habe [68]). Auch in niederen Breiten sieht man dieses dunkle Segment sehr häufig. So erkannten dasselbe fast alle Beobachter in Deutschland, welche auf das schöne Nordlicht vom 7. Januar 1831 hinreichend früh aufmerksam wurden [69]). So bemerkte Senff in Colberg, daß sich nach 5½ Uhr fast genau am nordwestlichen und nordöstlichen Horizonte zwei röthliche Wolkenstreifen erhoben, die höher und höher einander entgegenzogen und kurz vor 6 Uhr einen vollständig gebildeten Kreisabschnitt am Himmel abgränzten, dessen Kern eine dunkle Wolkenmasse bildete, wie sie bei drohendem Unwetter sehr häufig auf der Ostsee lagert, gegen

berg. 8. Königsberg 1834. I, 258. Farquharson in Phil. Trans. 1829. p. 103 und 1830. p. 97. Viele Beobachtungen haben Franklin, Hood und Richardson in Nordamerica gemacht. Diese werden in Franklin Narrative p. 539 sq. mitgetheilt.

65) Königsberger Abhandlungen I, 258.

66) Phys. Beschr. der Erdkugel II, 83.

67) Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 188.

68) Poggendorff's Annalen XIV, 619.

69) Das. XXII, 437.

den Himmel aber von Wolkenstreifen umsäumt ward, der oben ganz weiß war, nach beiden Seiten hin aber röthlich, fast rosenroth, dann purpurfarben und ganz unten durch Violett in das Schwarzblau überging, das den Horizont kränzte. Eben dieses dunkle Segment wird bei einer Menge von Nordlichtern erwähnt, welche Mairan in seinem Werke beschreibt. Aehnlich scheint auch der Vorgang bei den Südlichtern zu seyn [70]), obgleich die Thatsache nicht mit Bestimmtheit hervorgehoben ist.

An die eben erwähnte Thatsache schließt sich die von Wargentin [71]) mitgetheilte Bemerkung Gißler's, daß im nördlichen Schweden die Menschen auf hohen Bergen oft von einem dem Nordlichte ähnlichen Nebel überfallen würden, ja daß ein solcher weißgrauer, etwas ins Grünliche fallender, sehr durchsichtiger Nebel von der Erde aufzusteigen und sich in ein Nordlicht zu verwandeln pflege. Diese Existenz feiner Wölkchen, oder Nebel, welche sich bei dem Nordlichte zeigen, ist sehr häufig wahrgenommen worden, und Frobesius machte darauf bereits im Jahre 1737 aufmerksam [72]), und obgleich späterhin Kraft [73]), Musschenbroek [74]) diese Thatsache erwähnten, so wurde sie doch erst in neueren Zeiten wieder beachtet, namentlich waren es Thienemann [75]), Richardson [76]), Wrangel [77]), Farquharson [78]) und Blackadder [79]), welche darauf aufmerksam mach-

70) Schweigger's Jahrbuch N. R. XVI, 213. und XVIII, 369.

71) Abhandl. der Schwed. Acad. XV, 86.

72) Frobesius aurorae borealis spectacula p. 139. Er rechnet zu den gewöhnlichen Eigenschaften: Nebulae vel nubes tenuissimae, albicantes ac pellucidae modo fumum mentientes, modo penitus disparentes, passim per aërem conspiciuntur.

73) Novi Comment. Petrop. III, 390.

74) Musschenbroek Introd. §. 2493.

75) Gilbert's Annalen LXXV, 61.

76) Franklin Narrative p. 597.

77) Physikalische Beobachtungen des Capitän-Lieutenant Baron v. Wrangel, während seiner Reise auf dem Eismeere in den Jahren 1821, 22 und 23. Herausgegeben und bearbeitet von G. F. Parrot. 8. Berlin 1827. S. 57.

78) Philos. Trans. 1830. S. 106.

79) Edinb. Phil. Journ. N. S. Nr. VI. p. 342.

Digitized by Google

machten. So sagt Wrangel ausdrücklich, daß wenn eine Lichtmasse vom Nordlichte bis in die Nähe des Mondes aufstieg, sogleich ein Hof um diesen sichtbar wurde; häufig verschwand das Licht in Gestalt schwacher lichter Wolken, die weißlich blieben und oft am folgenden Tage noch als wirkliche kleine krause Wolken am Himmel standen. Auch Richardson folgert aus seinen früheren, so wie seinen späteren, am Bärensee gemachten, Beobachtungen, daß die Nordlichter am lebhaftesten seyen, wenn sie aus einer Wolke nahe an der Erde hervorzugehen scheinen; daß ferner alsdann um die Strahlen ein Nebel sichtbar sey, obgleich die übrigen Theile des Himmels frei von Nebel oder Wolken sind [80]).

Obgleich dem Gesagten zufolge die Existenz dieses Nebels und sein Zusammenhang mit dem oben erwähnten Segmente kaum zu bezweifeln ist, so besitzt diese tiefe dunkle Wolke doch keinesweges eine große Dichtigkeit, denn man sieht nach den Erfahrungen von Argelander [81]) nicht blos mit Hülfe des Fernrohres die Sterne ungeschwächt durch das Segment, sondern erkennt darin hellere Sterne sogar mit bloßem Auge. Diese Thatsache hatte auch schon Wrede bei dem großen Nordlichte vom 22. October 1804 bemerkt [82]), und obgleich Gilbert diese Erfahrung damals bezweifelte, so ist sie doch von mehreren Beobachtern später bestätigt worden. So fand Struve in Dorpat bei einem Nordlichte, daß Castor und und Pollux, deren Helligkeit durch das Nordlicht bedeutend geschwächt erschien, ihren gewöhnlichen Glanz sogleich wieder annahmen, wenn sie in das dunkle Segment traten [83]). Eben so sahen Kries in Gotha und Gerling in Marburg bei dem Nordlichte vom 7. Januar 1831 α Lyrae hell durch das dunkle Segment strahlen [84]). Dasselbe beobachtete Airy zu Cambridge am 13. März 1833 [85]). Dieser wenig

80) Poggendorff's Annalen XIV, 615.
81) Königsberger Vorlesungen I, 258.
82) Gilbert's Annalen XVIII, 256.
83) Poggendorff's Annalen XXII, 456.
84) Das. 458 u. 455.
85) Das. XXIX, 481.

beachteten Thatsache gedachten auch schon ältere Beobachter. So unter andern Musschenbroek [86]), Kirch am 6. März 1707 [87]), Maraldi und Louville am 11. Februar 1720 [88]), Liebknecht in Gießen am 17. Februar 1721 [89]), Mairan am 3. October 1731 [90]), Hamilton im Jahre 1763 [91]), Horner am 19. Septbr. 1803 [92]), Dupin am 19. Septbr. 1817 [93]), und dasselbe bemerkte auch Parry bei den von ihm gesehenen Nordlichtern, so wie Patrin in Sibirien [94]).

Behalten wir diese Thatsache vor Augen, so wird man versucht, die ganze Erscheinung aus dem Contraste mit dem hellen Saume zu erklären. Aber nicht nur die Unwahrscheinlichkeit dieser Annahme bei der häufig sehr großen Ausdehnung des Segmentes und der Schwäche des Lichtscheines, so wie das früher, ehe noch das Ganze sich gebildet hatte, bemerkte dunklere Aussehen dieser Gegend des Himmels, sondern auch der Umstand, daß, wenn ein Nordlicht sich bei heller Dämmerung zeigt, diese innerhalb des Lichtsaumes bei weitem braunröthlicher erscheint, als außerhalb, und allmählig in die dunkle Basis übergeht, und der, daß, wenn über dem Lichtsaume ein Lichtbogen entsteht, dann das Aussehen der Gegend zwischen diesen beiden Helligkeiten sich durchaus nicht von dem des übrigen Himmels unterscheidet, —

86) Introductio §. 2493.

87) Miscellanea Berolinensia I, 135. bei Mairan Aurore boréale p. 152.

88) Histoire de l'Académie 1720. p. 41.

89) Acta Eruditorum 1721. p. 159. bei Mairan l. l.

90) Mairan Aurore boréale p. 153.

91) Philos. Essays III, 106. Hutton Dictionary I, 191 bei Muncke, Gehler's Wörterb. VII, 176.

92) Krusenstern Reise I,

93) Gilbert's Annalen LXVII, 190.

94) Muncke in Gehler's Wörterb. N. A. VIII, 176. — Auch Bergmann sagt bei Beschreibung der von ihm in Upsala gesehenen Nordlichter am 18. Febr. 1759, es sey in Westen unter dem hellen Bogen eine copia materiae fumo similis erschienen, durch welche Sterne sichtbar waren. Nova Acta Upsaliensia I, 120; so wie Ginge bei dem am 28. October 1786 auf Grönland beobachteten Nordlichte. Ephem. Soc. Met. Palat. 1617. p. 47.

Digitized by Google

dies alles zeugt für die Realität der Erscheinung und nöthigt uns nach Argelander das Daseyn einer wirklichen Materie anzunehmen [95]).

Der höchste Punkt dieses dunklen Segmentes und des darüber befindlichen hellen Bogens liegt im Allgemeinen im magnetischen Meridiane. In den vereinigten Staaten von Nordamerica, wo die Abweichung klein ist, liegt er in Norden [96]). In Europa dagegen, wo die Magnetnadel nach NNW zeigt, steht hier auch der höchste Punkt des Bogens, ja es hat sich die Lage desselben gleichzeitig mit der Declination im Laufe der Zeiten geändert. So erwähnt Hansteen [97]), daß Steenbuck von älteren Leuten gehört habe, in ihrer Jugend habe sich in Norwegen der Bogen mehr gegen Norden gezeigt, sich dann aber im Laufe der Zeiten nach Westen bewegt, gerade so wie es die Abweichung der Magnetnadel erforderte. Ganz besonders scheint dieses durch die Beobachtungen in Paris erwiesen zu werden, indem aus der von Muncke gemachten Zusammenstellung hervorgeht [98]), daß zu Gassendi's Zeiten, wo die Nadel fast gar keine Abweichung hatte, auch der höchste Punkt des Nordlichtsegmentes in Norden lag und nun bis zum Ende des vorigen Jahrhundeats gegen Westen ging. Eben dieses bestätigen auch die von Dalton in England [99]), so wie von Hansteen in Christiania [1]), gemachten Messungen, eben so wie die von Gilbert gesammelten Erfahrungen bei dem großen Nordlichte vom 22. October 1804 [2]). Auch in der südlichen Halbkugel erscheinen die Polarlichter nach den von Hansteen zusammengestellten Beobachtungen von Cook auf eine ähnliche Weise [3]).

Wenn gleich durch diese Thatsachen der aufgestellte Satz erwiesen zu seyn scheint, so darf man doch an kein strenges Zusammenfallen glauben, vielmehr scheint zwischen dem höchsten Punkte

95) Königsberger Vorträge I, 258.
96) Hansteen in Schweigger's Jahrbuch N. R. XVI, 188.
97) Daſ. S. 201.
98) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 215.
99) Dalton Meteorological essays p. 54.
1) Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 196.
2) Gilbert's Annalen XIX. 198.
3) Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 195. XVIII, 369.

und dem magnetischen Meridiane ein Unterschied von mehreren Graden Statt zu finden, was in hohen Breiten häufiger Statt zu finden scheint, als in niederen. So bemerkt Argelander ausdrücklich, die Mitte des dunkeln Segmentes und des Lichtbogens, in welcher diese zugleich ihre größte Höhe über dem Horizonte erreichen, liege nicht bei allen Nordlichtern in derselben Himmelsgegend, sondern schwanke in Åbo um den NNW-Punkt herum, ohne daß er sie doch je den magnetischen Meridian habe erreichen sehen, von welchem sie immer westlich und zuweilen bis 20° entfernt blieb [4]). Eben so fand Cavendish am 23. Febr. 1784 zwischen der Mitte des Bogens und dem magnetischen Meridiane einen Unterschied von 5°, um welchen das Nordlicht sich dem Nordpunkte genähert hatte; Biot fand am 27. August 1817 auf der Insel Unst einen Unterschied von 4° und er fügt hinzu, daß auch aus den von Celsius im Jahre 1736 und 1737 zu Torneå gemachten Beobachtungen oft bedeutende Abweichungen folgten [5]). Dasselbe bemerkte Keilhau von Finnmarken [6]), so wie Erman von Tobolsk, indem hier bei östlicher Abweichung der höchste Punkt des Bogens westlich von Norden lag, er hörte von den Bewohnern dieser Gegenden, daß es dort zwei Arten von Nordlichtern gebe, nämlich die stärker leuchtenden in östlicher, die schwächeren in westlicher Richtung [7]); dagegen hatten die von Wrangel an den Küsten des Eismeeres beobachteten Nordlichter nahe eine solche Stellung, wie sie eine Abweichung von 12° O erfordert [8]). Auch Farquharson schloß aus den vielen Beobachtungen, welche er zu Alford in Aberdeenshire gemacht hatte, daß im Allgemeinen der höchste Punkt des Bogens im magnetischen Meridiane liege [9]). Je weiter wir indessen nach Norden gehen und je kleiner mithin das horizontale Moment des Erdmagnetismus wird, desto weniger scheint die Richtung beider zusammenzufallen. Aus den von Hansteen

4) Königsberger Vorträge I, 259.

5) Gilbert's Annalen LXVII, 11.

6) Poggendorff's Annalen XIV, 619.

7) Das. XXII, 551.

8) Wrangel Phys. Beob. S. 58.

9) Phil. Trans. 1829. p. 104, 117.

Digitized by Google

und Muncke gesammelten Thatsachen geht hervor, daß auf Island, Grönland, so wie in den von Franklin und Parry besuchten Gegenden Nordamerica's der höchste Punkt des Bogens zwar im Allgemeinen mit dem magnetischen Meridiane zusammenfalle, daß aber häufig bedeutende Abweichungen zwischen beiden Statt finden.

Wir wenden uns zur Betrachtung des hellen Bogens, welcher über dem dunkeln Segmente befindlich ist. Er ist nach den mehrjährigen Erfahrungen von Argelander [10]) zu Åbo von einer glänzendweißen, etwas ins Bläuliche fallenden Farbe, jedoch, so lange noch Dämmerung vorhanden, wahrscheinlich durch die Verschmelzung der Farben, mehr gelblich und bei sehr heller Dämmerung zuweilen ins Grünliche spielend. Seine Breite ist verschieden, von einer bis vier, sechs und mehreren Vollmondsbreiten; der untere Rand ist meistens ziemlich scharf begränzt, der obere nur dann, wenn die Breite gering ist, mit dem Zunehmen derselben wird er immer verwaschener, bis bei sehr großen Breiten durchaus keine Begränzung mehr zu erkennen ist, sondern der Schein allmählig in das Licht des Himmels verfließt. Dann ist die Helligkeit, die er verbreitet, auch sehr stark; und während ein geringerer seine Wirkung vorzüglich nur auf den nördlichen Horizont äußert, verbreiten die stärkeren ein Licht über die ganze Gegend, dem gleich, das der Vollmond bis eine halbe Stunde nach dem Aufgange zu Wege bringt. Eben so verschieden als die Breite ist auch die Ausdehnung und Figur des Saumes. Jene war in Åbo zuweilen nur 25° bis 30°, zu andern Zeiten bis nahe 180° und dem gemäß auch die Höhe über dem Horizonte von 2° oder 3 bis 10°, 12° und mehreren Graden.

Auf eine ziemlich ähnliche Art erscheint das Nordlicht auch in andern Gegenden, vorzüglich aber scheint mir hiebei der Umstand zu beachten, daß der innere Rand des Bogens so scharf begränzt ist, was auch von mehreren Beobachtern bei dem großen Nordlichte vom 7. Januar 1831 erwähnt wird. Keilhau, welcher in Finnmarken das dunkle Segment nie sah, hebt ausdrücklich diesen Umstand hervor [11]); um die Lichtstärke dieses hel-

10) Königsberger Vorträge I, 258.

11) Poggendorff's Annalen XIV, 619.

len Bogens im Anfange der Erscheinung zu beurtheilen, führt er die Thatsache an, daß man durch diesen etwa 2° bis 3° breiten Bogen Sterne dritter Größe sehen konnte; eben so sah Klöden am 7. Januar zu Berlin durch den Nordlichtsbogen noch Sterne vierter Größe [12]).

Dieser helle Bogen, welcher im Anfange seiner Bildung meistens gelblich oder weiß erscheint, ist ein Theil eines hellen Kreises, welcher sich über der Erdoberfläche befindet und von welchem ein jeder Beobachter sein eigenes Stück sieht. Wir können uns nach Hansteen [13]) das ganze Ansehen durch den Stundenkreis an einem Globus erläutern. Wir wollen annehmen, ein kleines Insect krieche um den Globus auf dem Parallelkreise von 60°, so sieht es nur einen kleinen Theil des Kreises, da der größte Theil von diesem durch den Globus, also den Horizont des Insectes verdeckt wird. Der höchste Theil des von ihm gesehenen Bogens liegt gerade in Norden. Kommt es dem Stundenringe näher, so sieht es einen größern Theil desselben und wenn es sich gerade unter seinem Rande befindet, so erscheint er im Zenith. Nähert es sich mehr dem Pole, befindet es sich also innerhalb des Ringes, so erscheint sein höchster Punkt in Süden. Wäre nun der Erdpol oder ein Punkt der verlängerten Axe der Mittelpunkt des Nordlichtringes, so müßte der höchste Punkt desselben im Meridiane gesehen werden. Da dieses indessen nicht der Fall ist, sondern da er fast allenthalben im magnetischen Meridiane erscheint, so wird es wahrscheinlich, daß sein Mittelpunkt über einem der Magnetpole liegt. Befindet man sich also ziemlich östlich von diesem Pole, so erscheint der Bogen nahe von N nach S gehend, und so sah ihn Ginge auf Grönland, so wie Scoresby im grönländischen Meere. So wie man sich nördlich vom Magnetpole befindet, erscheint der Bogen am südlichen Horizonte, wie dieses aus den von Muncke [14]) zusammengestellten Beobachtungen von Parry auf Melville's-Insel und im Hafen Bowen hervorgeht. Gehen wir von dieser Thatsache aus, daß der Mittelpunkt des Nordlichtringes nahe mit dem magnetischen Pole zu-

12) Poggendorff's Annalen XXII, 443.

13) Schweigger's Jahrb. N. XVI, 189.

14) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 218.

Digitized by Google

sammenfalle, aus, so ergeben sich daraus auch einige Anomalieen, welche man in der Lage der Nordlichter bemerkt hat. Nur in jenen Gegenden, wo der eine dieser Pole vorzugsweise wirksam ist und wo das horizontale Moment noch eine hinreichende Intensität besitzt, werden die Nordlichter eine ziemlich constante Stelle einnehmen; wo aber beide Pole mit nahe gleicher Intensität wirken und wo also die Abweichung nahe gleich Null ist, da werden diese Bögen bald auf der einen, bald auf der andern Seite des Meridianes stehen, wie dieses nach den Bemerkungen von Muncke [15]) durch dasjenige bewiesen zu werden scheint, was Erman von den Bewohnern von Tobolsk über die bald in Osten, bald in Westen erscheinenden Nordlichter hörte.

Aus dem Gesagten ergiebt sich, daß man bei hinreichender Nähe an dem Orte der Nordlichter im Stande seyn müsse, auch den untern Theil dieses Kreises zu sehen, welcher dann mehr oder weniger elliptisch erscheinen muß. So sah Argelander am 5. Mai 1830 den Bogen elliptisch und den Mittelpunkt der Ellipse über dem Horizonte [16]). Etwas Aehnliches bemerkt Keilhau [17]), dessen Wohnort in Finnmarken nicht einmal eine für die Wahrnehmung dieses Umstandes günstige Lage hatte. Einige Male nämlich war der helle Bogen so hoch gestiegen, daß sein östlicher Theil ganz sichtbar wurde und dabei zeigte sich der Schenkel stark zu einer elliptischen Kurve zurückgebogen. Mairan erwähnt ähnliche Erfahrungen [18]). Die neueste Bestätigung dieses Satzes giebt die Beobachtung von Johnson in Christiania bei dem Nordlichte vom 7. Januar 1831 [19]).

Man hat öfter bemerkt, daß bei kalter Luft weiße Bögen in bedeutender Höhe am Himmel sichtbar sind, wie dieses z. B. Ka-

15) Gehler's Wörterbuch N. A. VII, 220.

16) Königsberger Vorträge I, 259.

17) Poggendorff's Annalen XIV, 619.

18) Mairan Aurore boréale p. 125.

19) Poggendorff's Annalen XXII, 479. Eine Menge ähnlicher Erfahrungen bei Muncke in Gehler's Wörterb. N. A. VII, 161. Hansteen, Poggend. Ann. XXII, 483. Morozzo Mém. de Turin II, 328. Franklin Narrative p. 512, 597.

Digitized by Google

ter am 29. September 1828 beobachtete [20]). Hallström [21]), welcher dieselbe Erscheinung am 12. Februar 1798 zu Åbo sehr ausgebildet sah, stellt eine Reihe älterer Beobachtungen zusammen [22]) und glaubt mit Hube, diese Bögen seyen bloße Bilder des Nordlichtes, dessen Licht von gefrornen Dünsten der Atmosphäre so zu dem Zuschauer zurückgeworfen werde, daß ein leuchtender Bogen am Himmel erscheint. Es geht dieses besonders daraus hervor, daß unter 17 Bögen dieser Art 10 vom Nordlichte begleitet waren; eben so waren alle unbeweglichen, weißen Bögen gleichzeitig mit stillen Nordlichtern, waren dagegen letztere unruhig, so bewegte sich auch der Nordlichtsbogen; ferner war der Pol dieser hellen Bögen nahe identisch mit dem Nordlichte. Darnach ist also das Phänomen wohl zu unterscheiden von den sogleich näher zu beschreibenden concentrischen Nordlichtsbögen.

Wir haben bisher das Phänomen des weißen Saumes nur in seiner Entstehung betrachtet, wornach der Bogen mit weißem oder gelbem Lichte ziemlich ruhig steht. Häufig bleibt dieses Ansehen nach Argelander [23]) ungefähr dasselbe während mehrerer Stunden, ohne daß sich neue Erscheinungen zeigten. Indeß herrscht keineswegs vollkommene Ruhe darin. Im Gegentheil ist die ganze Figur in fortwährender Bewegung; sie erhebt oder senkt sich, zieht sich nach Osten oder Westen, zwar nicht heftig, aber doch so, daß man nach Verlauf einiger Zeit den Unterschied deutlich merken kann. Plötzlicher und merklicher sind die Aenderungen der Gestalt, indem bald an der einen oder andern Stelle Basis und Lichtsaum aus der regelmäßigen Form ausweichen, bald das Licht einen Eingriff in die Basis macht und dann diese breitere und hellere Lichtmasse sich fortbewegt. Am heftigsten aber werden sie, wenn das Nordlicht sich weiter ausbreitet und anfängt Strahlen zu schießen. Dann wird der Lichtsaum an einer Stelle bedeutend heller, greift in die Basis hinein und es steigt ein heller Schein von der Farbe des Lichtsaumes in die Höhe,

20) Philos. Mag. and Ann. of Philos. IV, 337.

21) Gilbert's Annalen XVIII, 74.

22) Phil. Trans. 1750. p. 345, 648. 1764. p. 332. 1767. p. 1 u. 108. 1781. p. 11, 329. 1790. p. 1 u. p. 30.

23) Königsberger Vorträge I, 259.

Digitized by Google

ungefähr halb so breit als der Vollmond, selten breiter, in der Mitte heller, nach beiden Seiten schwächer, aber deutlich vom Himmelsraume sich abscheidend. Mit Blitzesschnelle schießt er auf, oft bis an den halben Himmel, zuweilen noch höher; oben züngelnd und in mehrere schwache Strahlen zerspalten, nimmt er die Figur eines Strahlenbüschels an. Meistens erhebt er sich senkrecht, selten in einer gegen den Horizont geneigten Richtung; sich bald verlängernd, bald verkürzend, behält er doch im Ganzen, oft während mehrerer Minuten, seine Gestalt bei, aber selten bleibt er auf derselben Stelle, sondern bewegt sich langsam nach Osten oder Westen, zuweilen wie vom Winde bewegt, sich krümmend. Allmählig wird er blässer und verschwindet endlich, um andern Strahlen Platz zu machen, die dasselbe Spiel von vorn anfangen. Wenn nun nicht einer, sondern 6, 6 Strahlenbüschel zugleich an verschiedenen Stellen aufsteigen; wenn endlich gar aus der ganzen Länge des Saumes dicht an einander sich Strahlen erheben, sich entweder alle nach einer Seite bewegen, oder in verschiedenen Richtungen von und gegen einander ziehen; wenn diese sich bis zum Zenith erheben und nun sich so drängen, daß man ihre Anfänge nicht mehr unterscheiden kann; wenn das Verschwinden und Wiedererscheinen so heftig geschieht, daß der ganze nördliche Himmel wie von zuckenden Flammen erfüllt ist, die von dem bläulich Weißen durch alle Abstufungen der Farben bis ins Purpurrothe spielen; wenn diese gar durch das Zenith durch bis an den halben südlichen Himmel ziehen: dann gewährt das Nordlicht einen Anblick, den die Phantasie sich wohl malen, aber die Sprache nicht beschreiben kann [23a]). Staunend und entzückt sieht der Beobachter dem herrlichen Schauspiele zu, das in ewig verschiedenen Formen sich erneuert. Nur eine Stelle des Himmels in der Nähe des Zeniths und in der Richtung, nach welcher die Neigungsnadel zeigt, theilt nicht die allgemeine Beweglichkeit und Veränderlichkeit. In mattem Lichte glänzt sie

23a) Bei diesem Strahlenschießen, so wie dem gleichzeitig häufig Statt findenden Höhersteigen des Bogens, hat Farqhuarson häufig bemerkt, daß die fortrückenden Strahlen sich an ihrem südlichen Ende entzündeten und an ihrem nördlichen erloschen. Phil. Trans. 1829. p. 108. 1830. p. 110. 112.

Digitized by Google

ruhig fort, gleichsam der Pol der ganzen Erscheinung und darum die Krone genannt. An ihrer Beharrlichkeit scheitert die Wuth der Strahlen; wie diese auch von allen Seiten auf sie einstürzen, sie vermögen sie nicht zu durchbrechen. Sie allein gewährt dem Beobachter einen festen Anhalt; wo sonst er sein Auge hinwendet, immer Neues und Neues gewahrt er, und nicht fassen kann er die ganze Herrlichkeit. Erst wenn nach oft mehrstündiger Dauer allmählig wieder Ruhe eintritt, wenn die Farben nach und nach verschwinden, die einzelnen Strahlen sich wieder unterscheiden und verfolgen lassen, immer kürzer werden und endlich ganz aufhören, — erst dann kommt er von seinem Entzücken zurück, und erhält wieder Fassung, zu prüfen, was er sieht. Die Pracht des Flammenmeeres ist verschwunden, und nur blasses Lichtgewölke, einem Rauche ähnlich, erinnert noch daran; in langsamer Bewegung schwebt er auf und ab, hin und wieder, erhebt sich immer mehr, wird immer schwächer, bis es einem unscheinbaren weißlichen Dunste gleicht, und zuletzt steht nur das die Basis bildende dunkle Segment nebst dem Lichtsaume noch da, anfangs noch in unregelmäßiger Form und chaotisch durch einander gemengt, allmählig wieder regelmäßig sich gestaltend. Nach kurzer Dauer bilden sich wieder neue Strahlen, aber die Kraft ist gebrochen, der Stoff verbraucht; nur hin und wieder erscheinen sie, nicht vermögend sich über einige Grade zu erheben, verschwinden bald, um zuweilen wieder neuen Platz zu machen, bis endlich Basis und Lichtraum immer schwächer werden und endlich auch diese von der Bläue des Himmels nicht mehr zu unterscheiden sind.

Mit dieser Beschreibung Argelander's stimmen auch die Berichte der übrigen Beobachter, welche das Phänomen im Norden von Europa häufig gesehen haben, überein; bei der großen Veränderlichkeit derselben ist es aber kaum möglich, darüber etwas Bestimmtes zu sagen. Ich will daher nur noch die Bemerkungen von wenigen Reisenden hinzufügen. So bemerkt Keilhau, daß man diese heftigen Bewegungen des Nordlichtes sehr wohl das zweite Stadium nennen könne [24]). Der Bogen dehnte sich aus, bewegte sich schlangenartig und theilte sich oft in

24) Poggendorff's Annalen XIV, 619.

mehrere Stücke. Nun traten die prismatischen Farben auf, unten grün, oben purpurfarben. Hatte sich die Lichtschlange bis zum Zenith ausgedehnt, so schienen alle Farben regellos durch einander zu wogen. Nun begannen, indem die Schlange sich zertheilte, kurze Strahlenbüschel sich nach und nach aus der compacten Lichtmasse zu entwickeln, sich von dieser auszubiegen und darüber als mehr oder weniger zusammenhängende Flammen aufzurichten. So wie die Schlange sich immer mehr zersplitterte, wuchsen sie höher, und bald sah man entweder bloße Lichtsäulen oder andere noch unregelmäßigere Lichtmassen am nördlichen Himmel, oder höchstens noch einzelne Gruppen von Strahlen, auf einer gemeinschaftlichen Grundlinie stehend, die sich vermöge ihrer Neigung als ein Rest des zersplitterten Bogens zu erkennen gaben. Eben so erwähnt Ginge sehr häufig in der Beschreibung der von ihm auf Grönland gesehenen Nordlichter, daß letztere einem Kamme ähnlich gewesen seyen [25]).

Auf eine ähnliche Art zeigen sich nach den Bemerkungen von Wrangel [26]) die Nordlichter auch an der Küste des sibirischen Eismeeres. Es schießen nämlich von Zeit zu Zeit aus dem Segmente [27]), am häufigsten an der Ostseite desselben, unruhige und lichtvollere Strahlenbündel von unten nach oben und erhalten sich einige Zeit als bewegliche Säulen, welche sich, wie nach dem Winde, biegen und krümmen. Diese Bewegung ist eben so merklich, als die der Wolken bei starkem Winde. Andere Säulen entstehen am Segmente, als wären sie von der ersten angezündet. So schwingt sich die ganze Säulengesellschaft nach einer gemeinschaftlichen Richtung hin und her; allmählig verschwinden sie, eine nach der andern, in zwei bis drei Minuten. Zuweilen erzeugen sich solche Säulen von stärkerem Lichte, als das Segment im Segmente selbst, deren einige nicht über dasselbe hervorragen, andere aber sehr hoch heraufschießen. Der Glanz aller dieser Säulen ist merklich stärker, als der des Segmentes, aus welchem sie zu entstehen scheinen. Nachdem dieses Entstehen und Verschwinden eine sehr unbestimmte

25) Ephemerides Soc. Meteor. Palat. 1787. p. 46 sqq.

26) Wrangel Physic. Beobachtungen S. 56.

27) So nennt Wrangel stets den hellen Bogen über dem dunkeln Segmente.

Digitized by Google

Dauer gehabt hat, verschwinden die Säulen ganz und dann auch das bläſſere Segment. Wenn aber die Säulen sehr unruhig gewesen sind, verschwindet oft die regelmäßige Figur des ruhigen Scheines, und es bilden sich unregelmäßige, krumm- und geradlinige Lichtfiguren, bald zusammenhängend, bald getrennt, die eine Zeit (eine Viertelstunde, auch länger) sich erhalten, bläſſer werden, und dann ganz verschwinden.

Während ihres Aufenthaltes in der Nähe des americanischen Nordpoles hatten Franklin, Hood und Richardson Gelegenheit das Nordlicht häufig zu sehen, und wir verdanken ihnen eine Reihe trefflicher Beobachtungen darüber [28]). Hood glaubt, daß die Nordlichter, welche er sah, sich in zwei Hauptklassen theilen lassen [29]). Zu der ersten Klasse gehören diejenigen, welche in ihrem Beginnen wie Bögen erscheinen, wobei der höchste Punkt dieser im magnetischen Meridiane oder in seiner Nähe erscheint. Zuweilen erscheinen mehrere parallele Bögen, selten ist aber die Anzahl von diesen größer als fünf. Die Höhe des niedrigsten, wenn er zuerst gesehen wird, beträgt nie mehr als 4°. So wie sie höher steigen und sich dem Zenith nähern, bleiben die höchsten Punkte noch stets im magnetischen Meridiane, aber die Enden, mit welchen sie in Osten und Westen den Horizont berühren, ändern ihre gegenseitigen Entfernungen und die Bögen werden unregelmäßige breite Lichtströme in dem Zenith, welche den Himmel in zwei ungleiche Hälften theilen, aber sich einander nie durchkreuzen, außer wenn sie zerrissen sind. Diejenigen Bögen, welche schon am Horizonte hell erscheinen, nehmen im Zenith an Glanz zu und lassen uns dann, wenn ihre innere Bewegung schnell ist, die einzelnen Strahlenbündel (beams) erkennen. Diese innere Bewegung ist ein plötzliches Erglühen, welches nicht von einer sichtbaren Concentration der Materie ausgeht, sondern an verschiedenen Stellen des Bogens ausbricht, gleichsam als ob ein Anzünden brennbarer Materie Statt fände und sich von hier schnell bis zu jedem Ende ausbreite. Die Strahlenbündel, welche bei diesem Vorgange entstehen, haben zwei Bewegungen, eine rechtwinklig auf ihrer Länge oder seitwärts; die andere ist eine

28) Franklin Narrative p. 539—628.

29) Daſ. p. 542 u. 580.

zitternde und kurze Vibration, bei welchem sie ihren Parallelismus nicht beibehalten. Durch die erste Bewegung projiciren sie sich in Gestalt von Kränzen, schlangenförmigen Figuren oder unregelmäßigen zerbrochenen Kurven [30]). Stehen die Kränze im Zenith, so bilden sie die Nordlichtskronen. Die zweite Bewegung ist stets von Farben begleitet; sehr häufig nämlich erscheinen die Strahlenbündel ohne Farben, dann aber bemerkte Hood nie die Schwingungsbewegung. Wenn sich diese Bewegungen häufig wiederholen, so verschwindet die Gestalt und der Zusammenhang der Bögen, obgleich ein entfernter Beobachter in Süden wahrscheinlich noch stets diese letzteren wahrnehmen würde. Es würde nämlich absurd seyn, anzunehmen, daß diese Aenderungen im Zenith eines einzigen Ortes vor sich gehen; auch zeigen die Beobachtungen, welche im Jahre 1820 an verschiedenen Stellen gemacht wurden, das Gegentheil. Sehr häufig geschah es, daß die Bögen bei ihrer Annäherung an das Zenith eine unregelmäßige Gestalt annahmen, so wie sie aber weiter nach Süden gingen, wurden sie wieder regelmäßig. Hood [31]) führt mehrere Thatsachen an, welche beweisen, daß das Ansehen sehr verschieden ist, je nach der Entfernung der Beobachter von dem Nordlichte. So sah am 6. April 1821 der eine der Beobachter im Zenith eine verworrene Masse von Strahlenbündeln, während der andere in einer Entfernung von 55 englischen Meilen einen 9° hohen ruhig stehenden Bogen wahrnahm.

Die zweite allgemeine Klasse von Nordlichtern umfaßt diejenigen, welche sich von verschiedenen Punkten des Horizontes, zwischen Norden und Westen nach dem entgegengesetzten Theile des Himmels ausbreiten; zuweilen entstehen sie auch im südöstlichen Theile des Horizontes und bewegen sich von hier gegen Nordwesten. Sie lassen sich eben so wie die vorher erwähnten in entfernte Bögen theilen, welche ohne merkliche Aenderung in ihrem Ansehen nach Süden gehen; und in solche, bei denen man

30) Dabei findet dann nicht selten eine Rotation der Strahlen Statt, wie dieses Frobesius (Luminis atque Aurorae borealis spectacula p. 71 und a. a. O.) erwähnte, und wie dieses öfter in den Beschreibungen von Nordlichtern erwähnt wird. Mehrere Beispiele der beiden zuerst genannten Bewegungen bei Poggendorff's Annalen XXII, 457.

31) Franklin Narrative p. 541.

Digitized by Google

die Strahlenbündel wahrnimmt, welche zuweilen in Kränze, Blitze und unregelmäßige Segmente aufgelöst werden und dabei die oben beschriebenen Phänomene zeigen.

Außer diesen gewöhnlichen Erscheinungen sieht man zuweilen noch kleine Massen, welche eine bedeutende Höhe über dem Horizonte haben, dabei eine ziemliche Lichtstärke besitzen und dann entweder verschwinden oder nach Süden gehen. Vielleicht sind dieses Massen, welche durch eine heftige Bewegung von einem unter dem Horizonte befindlichen Nordlichte losgerissen wurden. Zu andern Zeiten bemerkt man Bögen, welche von Norden nach Süden gehen.

Es ist bereits mehrfach erwähnt, daß man bei den stärkeren Nordlichtern nicht selten mehrere einander parallele Bögen sieht. So sah Farquharson am 28. Decbr. 1828 fünf solcher Bögen, theils gleichzeitig, theils in kurzer Zeit auf einander folgen [32]), und auch Hansteen erwähnt bei Aufzählung der Nordlichter, welche er im Jahre 1830 sah, mehrmals zwei oder drei Bögen [33]). Bei den meisten Nordlichtern ist der zweite Bogen gewöhnlich mit dem ersten concentrisch, jedoch fand Argelander am 25. December 1829 eine Abweichung davon. Am westlichen Horizonte fielen damals der Saum des dunkeln Segmentes und dieser Bogen zusammen, aber die Mitte und das andere Ende des letztern waren bedeutend östlicher. Dieser zweite Bogen ist meistens schmäler als der erste, an beiden Seiten scharf begränzt und von lebhaftem Glanze. Er bietet im Ganzen dieselben Erscheinungen dar, als der erste, das Auf- und Absteigen, das allmählige sich Verschieben und das Strahlenschießen. Man sieht dabei aber nie das dunkle Segment unter ihm [34]).

Die bereits erwähnte Krone zeigt sich nun bei sehr starken und lebhaften Nordlichtern, sie bildet aber stets den schönsten Theil des Phänomenes. Der ganze Himmel hat dann das Ansehen einer glänzenden Kuppel, welche von Säulen verschieden ge-

32) Philos. Trans. 1829. p. 118.

33) Poggendorff's Annalen XXII, 535.

34) Königsberger Vorträge I, 262.

Digitized by Google

färbten Lichtes getragen wird [34]). Es war Wilcke, welcher zuerst darauf aufmerksam machte, daß sich der Mittelpunkt der Nordlichtskrone in der Verlängerung der Inclinationsnadel befinde [36]) und Hansteen [37]), Kater [38]), und Andere fanden dieses bestätigt. Hood macht in seiner mehrfach erwähnten Arbeit an verschiedenen Stellen darauf aufmerksam, daß die Krone fast im Zenith erschienen sey, aber in den Gegenden, wo er sich aufhielt, stand die Neigungsnadel fast vertical.

Somit erkennen wir hier einen ähnlichen Zusammenhang zwischen Stellung der Nordlichtskrone und Neigung der Magnetnadel, als wir oben zwischen den Nordlichtsbogen und dem magnetischen Meridiane erkannten. Diese innige Verbindung aber wird noch mehr dadurch erwiesen, daß die von dem Bogen ausschießenden Strahlen der Neigungsnadel parallel sind. Eben dieses gilt von den schwarzen Nordlichtsstrahlen, welche in ihrem Wesen mit dem dunkeln Segmente unter dem hellen Bogen völlig übereinstimmen. Man sieht nämlich oft schwarze Strahlen oder Säulen gleich einem dicken schwarzen Rauche, mit großem Ungestüme über oder von dem leuchtenden Bogen oder der ganzen leuchtenden Masse emporschießen, und diese schwarzen Strahlen haben dieselbe Beweglichkeit und Veränderlichkeit, als die leuchtenden Strahlen selbst. Diese schwarzen Strahlen sind von mehreren älteren Beobachtern in Norwegen, so wie von Hansteen [39]) deutlich gesehen, doch werden sie nur selten erwähnt.

Wilcke scheint zuerst den Satz ausgesprochen zu haben, daß diese Strahlenbündel in der Richtung der Neigungsnadel liegen [40]), und eben dieses ist von vielen späteren Beobachtern bestätigt worden. So bemerkt Hood [41]), daß dieses stets der Fall zu seyn scheine und daß sich hieraus das verschiedene Ansehen der Säulen ergebe. In der Nähe des magnetischen Meridianes schienen diese

35) Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 197.

36) Hansteen Erdmagnetismus I, 437.

37) a. a. O. und Schweigger's Jahrbuch N. R. XVI, 196.

38) Annales de Chimie XXXIX, 416.

39) Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 198. und XVIII, 864.

40) Hansteen Erdmagnetismus I, 437.

41) Franklin Narrative p. 583.

Digitized by Google

nämlich vertical zu stehen; dagegen in bedeutendem Abstande von ihm auf der West- oder Ostseite standen sie schief. Eben dieses bemerkt auch Farquharson [42]), und Hansteen sagt, dieser Satz sey durch alle Beobachtungen erwiesen.

Aus dieser Thatsache, daß eine Menge von parallelen Strahlen über dem Himmel verbreitet sind, ergiebt sich das eigenthümliche Ansehen der Säulen und namentlich der Krone nach den Gesetzen der Perspective, wie dieses Cotes [43]), Mairan [44]), Hansteen [45]) u. A. gezeigt haben. Ich will hier die einfache Darstellung des Letztern mittheilen. Gehen nämlich diese Lichtsäulen am Zenith vorbei, so bilden sie die sogenannte Krone. Es sey NS (Taf. III. Fig. 2.) ein Bogen des Umkreises der Erde, und zwar ein Stück des durch den Ort C gelegten magnetischen Meridianes, ferner Ff, Ee, Dd u. s. w. die einander parallelen Strahlenbündel, welche die Masse des Polarlichtes bilden. Wenn der in C befindliche Beobachter das Auge nach den Richtungen CF, CE, CD u. s. w. wendet, so wird ein Theil jeder Lichtsäule von der zunächst vorn liegenden bedeckt und die ganze Lichtmasse von F bis Z und von Z bis D scheint zusammenhängend. In der Richtung CZ dagegen, wo die Gesichtslinie den Lichtsäulen parallel ist, sieht man blos den Durchschnitt der Lichtsäulen, und da letztere einen ziemlich großen Abstand von einander haben, so sieht man den leeren Himmel zwischen ihnen, wie dieses gewöhnlich der Fall ist. Wendet sich das Auge gegen Osten oder Westen, so hört wieder die Gesichtslinie auf, den Lichtstrahlen parallel zu seyn und die Lichtmasse scheint auch da zusammenhängend. Es muß also aussehen, als stiegen vom ganzen Horizonte Lichtstrahlen gegen den Punkt auf, in welchem die verlängerte Neigungsnadel den Himmel trifft. In dem magnetischen Meridiane scheinen diese Strahlenbündel senkrecht auf dem Horizonte zu stehen; allein gegen Osten und Westen haben sie eine merkliche Neigung gegen Süden. Das deutlichste Bild eines solchen Nordlichtes hat man, wenn man einen Globus dergestalt stellt, daß die Axe nicht vertical steht,

42) Phil. Trans. 1830. p. 114.

43) Smith's Optik von Kästner S. 59.

44) Mairan Aurore boréale p. 143.

45) Schweigger's Jahrb. N. R. XVIII, 361.

steht, sondern etwa 18 bis 20° gegen den Horizont geneigt ist; die Meridiane stellen alsdann die scheinbare Richtung der Strahlenbündel vor und die Parallelkreise in 80° Breite oder der Pol selbst die Krone. Jeder Beobachter sieht also die Krone in seinem magnetischen Zenith, und es ist sonach nicht die nämliche Krone, welche von verschiedenen Orten gesehen wird, eben so wenig als zwei Beobachter den nämlichen Regenbogen sehen.

Etwas völlig Aehnliches gilt auch von dem Nordlichtsbogen, welcher zuerst über dem dunkeln Segmente erscheint [46]). Wenn sich dieser nämlich so hoch erhebt, daß er durch den Punkt geht, in welchem die verlängerte Neigungsnadel den Himmel trifft, so scheint er auch an dieser Stelle zerbrochen zu seyn, woraus wir schließen dürfen, daß diese Bögen eben so wie die übrige Lichtmasse aus sehr kurzen Strahlenbüscheln bestehen, welche mit der Richtung der Resultirenden der Magnetkräfte parallel sind und nur deshalb das Ansehen einer stetigen Lichtmasse haben, weil die Zwischenräume durch hinter einander liegende Reihen von Strahlenbündeln erfüllt sind. Hieraus ergiebt sich zugleich, daß die Strahlen, welche aus dem Bogen gegen das Zenith zu schließen scheinen, weder von dem leuchtenden Ringe ausgehen, noch zu Lichtsäulen verbunden sind, sondern daß jeder von ihnen, eben sowohl als der Ring selbst, aus einer großen Anzahl von Lichtcylindern besteht, welche eng an einander liegen, fast parallel sind und von denen ein jeder einen Theil des vor ihm liegenden bedeckt.

Der Raum, innerhalb dessen die Nordlichter gesehen werden, ist oft sehr groß. Schon Cotte machte darauf aufmerksam [47]). So sah man am 5. Januar 1769 um 7½ Uhr Abends ein schönes bis 10 Uhr dauerndes Nordlicht in Pensylvanien, während Cotte an demselben Tage von 11 Uhr Abends bis 2 oder 3 Uhr Morgens zu Montmorenci ein ausgezeichnetes Nordlicht sah. Eben so beobachtete er am 17. September 1770 ein lebhaftes Nordlicht, während Amiot in Peking gleichzeitig ein solches sah. W. Brandes macht auf dieselbe Thatsache aufmerksam, indem er mehrere Nordlichter anführt, welche gleichzeitig in den Vereinigten Staaten und in England gesehen wur-

46) Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 199.

47) Cotte Traité p. 601.

den [48]). Das schöne Nordlicht vom 7. Januar 1831 wurde im ganzen nördlichen und mittlern Europa, so wie am Erie-See in Nord-America gesehen. Wir müssen hieraus nothwendig folgern, daß ein großer Theil der Erde an der Erzeugung dieses Phänomenes Theil nimmt; unsere Bewunderung der großartigen Wirkung der dabei thätigen Kräfte steigt aber noch höher, wenn wir sehen, daß häufig zu derselben Zeit Südlichter und Nordlichter erscheinen, so daß man geneigt ist, anzunehmen, es sey die ganze Erde dabei thätig. Soviel mir bekannt ist, hat W. Brandes zuerst in seiner Witterungsgeschichte des Jahres 1783 mehrere in Rio Janeiro gesehene Südlichter erwähnt, während man gleichzeitig in der nördlichen Halbkugel Nordlichter sah [49]). Ich will zu diesen Thatsachen noch einige andere hinzufügen.

1773 am 16. und 17. Februar sah Cook [50]) Südlichter. Gleichzeitig war die Magnetnadel in Franecker [51]) und Stockholm [52]) unruhig. Ein Nordlicht finde ich nirgends erwähnt.

1773 am 18. Februar Südlicht; van Swinden sah in Franecker ein Nordlicht.

1773 am 19. Februar Südlicht; in Europa finde ich keins erwähnt.

1773 am 20. Februar Südlicht und gleichzeitig in Franecker ein Nordlicht.

1773 am 21. Februar eben so.

1773 am 25. Februar Südlicht, eben so am 26. Februar. Nordlichter finde ich nirgends erwähnt.

1773 am 6. und 7. März Südlichter, ohne daß mir Nordlichter bekannt sind.

1773 am 15. März Südlichter; in Franecker sah van Swinden eine große Unruhe der Magnetnadel, aber kein Nordlicht, während Wilcke ein solches beobachtete.

---

48) Kastner's Archiv VI, 309. Er stützt sich dabei auf Silliman American Journal XXII, 143.

49) Brandes Beiträge S. 116 u. 270.

50) Sämmtliche Beobachtungen von Cook sind näher detaillirt in Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 212. und XVIII, 369.

51) Mém. présentés VIII, 521.

52) Hansteen Untersuchungen I, 426.

Digitized by Google

1773 am 16. März Südlicht und in Francecker Nordlicht.
1773 am 18. März Südlicht.

Zu diesen von Cook erwähnten Thatsachen füge ich noch das Südlicht hinzu, welches le Paute d'Agelet am 15. December 1773 sah [53]); an eben diesem Tage zeigten sich Nordlichter in Marseille [54]) und Francecker; am letztern Orte war die Magnetnadel eben so wie in Stockholm sehr unruhig, obgleich hier das Nordlicht nicht gesehen wurde.

Diese Thatsachen beweisen hinreichend, daß beide Erscheinungen sich häufig gleichzeitig ereignen; ich glaube nicht, daß dieses ein blos zufälliges Zusammentreffen sey, und wenn gleich mehrfach Südlichter erschienen sind, ohne daß Nordlichter erwähnt werden, so bleibt noch immer die Frage, ob man letztere nicht vielleicht in nördlicher liegenden Gegenden gesehen hat.

Behalten wir die Thatsache vor Augen, daß die Nordlichter oft in einem großen Theile derselben Halbkugel der Erde sichtbar sind, so folgt von selbst, daß es kaum möglich ist, über die Tageszeit, wo sie erscheinen, etwas Bestimmtes zu sagen. Es kommt auf ihre Lichtstärke an, wie lange sie nach dem Untergange der Sonne erscheinen sollen. Ich will deshalb bei diesem Gegenstande nicht länger verweilen, es möge vielmehr die Bemerkung genügen, daß Richardson während seines Aufenthaltes am Bärensee mehrmals das Flimmern des Nordlichtes sehr deutlich vor dem Verschwinden der Tageshelle wahrnahm und daß er häufig am Tage die Wolken in eben den Säulen und Bögen sah, welche das Nordlicht anzunehmen pflegt [55]), was auch durch die Beobachtungen von Thienemann auf Island bestätigt wird [56]).

Da das Tageslicht auf die Sichtbarkeit des Nordscheines einen so großen Einfluß hat, so wird es schwierig, über seine jährliche Periode etwas Bestimmtes zu sagen, da unstreitig das Phänomen in den kurzen Sommernächten seltener gesehen werden

53) Mém. de Paris 1788. p. 495. bei Schweigger Jahrb. N. R. XVI, 214.

54) Cotte Mém. I, 357.

55) Poggendorff's Annalen XIV, 617.

56) Gilbert's Annalen LXXV, 63. Mehrere Thatsachen bei Muncke in Gehler's Wörterb. N. A. VII, 148.

muß, als im Winter; jedoch sprach Mairan [57]) den Satz aus, daß die Nordlichter um die Zeit der Aequinoctien am häufigsten wären, und dieser Meinung sind viele Naturforscher beigetreten, unter denen ich namentlich Hansteen erwähnen will [58]), während andere Beobachter, so namentlich Argelander [59]), damit nicht einverstanden sind. Muncke hat sehr ausführlich die Meinungen der Physiker über diesen Gegenstand zusammengestellt; ohne diese näher anzuführen, gebe ich die von ihm mitgetheilte Tafel [60]), der ich noch die Verzeichnisse von Cotte [61]), Leche [62]) und Argelander zu Åbo hinzugefügt habe. Darnach finden wir in den einzelnen Monaten folgende Größen:

	Januar	Februar	März	April	Mai	Junius	Julius	August	Septbr.	Octbr.	Novbr.	Decbr.
Kirch	6	10	17	12	3	1	3	4	10	25	12	3
Lond. Soc.	10	12	32	15	3	1	3	8	24	45	20	29
Celsius	40	44	57	25	11	1	2	23	42	57	46	36
Short	8	6	17	11	1	0	2	9	19	32	14	8
de l'Isle	9	20	40	22	3	0	1	16	42	43	24	13
Kraft	5	28	19	6	1	0	0	12	30	23	8	11
Beccari	4	9	21	5	3	4	6	7	7	12	3	7
Weidler	8	12	13	7	3	0	2	11	8	16	5	6
Mairan	21	27	22	12	1	5	7	9	34	50	26	15
Musschenbroek	49	47	92	103	110	34	37	59	64	74	47	34
Eisenlohr	2	9	13	15	8	2	5	11	6	8	5	3
Cotte	27	40	55	43	31	17	16	25	55	46	28	26
Leche	9	14	14	14	1	0	1	6	24	21	8	7
Argelander	18	19	20	16	2	0	0	9	23	20	21	14
Muncke	13	10	8	6	3	0	2	8	16	25	18	13
Summe	229	307	440	312	184	65	87	217	405	497	285	225

Nicht blos die allgemeine Summe, sondern auch die meisten der von einzelnen Beobachtern gegebenen Zahlen deuten darauf hin, daß die Zahl der Nordlichter bei südlicher Declination der Sonne größer sey, als während des Sommers, zugleich aber zeigen sie auf das Bestimmteste, daß es nicht blos die Tageslänge

57) Mairan Aurore boréale p. 567. und an vielen andern Stellen.

58) Poggendorff's Annalen XXII, 536.

59) Königsberger Vorträge I, 263.

60) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 147.

61) Cotte Mémoires I, 366.

62) Abh. der Schwed. Akademie. 1763. S. 189.

Digitized by Google

sey, welche darauf einen Einfluß hat, weil dann die Zahl im December und Januar ihr Maximum erreichen müßte. Dieses ist jedoch keinesweges der Fall, vielmehr erkennen wir ganz bestimmt das von Mairan aufgestellte Gesetz, daß die Zahl der Polarlichter um die Zeit der Aequinoctien am größten sey.

Außer dieser jährlichen Periode giebt es noch eine große Periode, welche wir aber bis jetzt nicht näher anzugeben im Stande sind. Vergleichen wir nämlich die Verzeichnisse der Nordlichter, welche uns Frobesius, Mairan, Cotte und andere Physiker gegeben haben, so finden wir, daß dieses Phänomen längere Zeit fast verschwunden ist; darauf nimmt es an Häufigkeit zu, erreicht ein Maximum und nimmt sodann wieder ab. Ritter[63]), Muncke[64]), Hansteen[65]) haben die Existenz dieser Perioden näher untersucht. Der Letztere namentlich sagte in seinen Bemerkungen über das Nordlicht vom 7. Januar 1831, in den letzten 10 bis 12 Jahren habe seine Häufigkeit sehr zugenommen. Daraus scheint zu folgen, daß wir jetzt im Anfange einer neuen Nordlichtsperiode stehen. Die vorige fing 1707 mit dem Nordlichte an, welche Ole Römer am 1. Februar in Kopenhagen beobachtete, war um 1752 am stärksten und hörte um 1790 auf, worauf eine Pause von etwa 20 bis 25 Jahren eintrat, während welcher nur im hohen Norden Nordlichter, und noch dazu schwache gesehen wurden[66]). Er glaubt, daß er seit dem Jahre 502 vor Christi Geburt bis auf unsere Zeit 24 solcher Perioden nachweisen könne, von welchen besonders die neunte von 541 bis 603, die zwölfte von 523 bis 887, die zwei und zwanzigste von 1517 bis 1588 und die vier und zwanzigste von 1707 bis 1788

63) Gilbert's Annalen XV, 206. XVI, 221.

64) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 132.

65) Poggendorff's Annalen XXII, 536.

66) Mehreres hierüber s. bei Hertzberg im Magazin for Naturvidenskaberne 1826. Heft I. S. 145. und von Hällström in Gilbert's Annalen XVIII, 75. Ein Verzeichniß der von 1801 bis 1830 gesehenen Nordlichter giebt Muncke in Gehler's Wörterbuch VII, 138, doch ist mir eine ziemliche Anzahl von Nordlichtern bekannt, welche darin fehlen, und kaum dürfte es möglich seyn, hierin etwas Vollständiges zu geben. Ueberhaupt scheint mir eine Fortsetzung des Mairanschen Verzeichnisses ein dringendes Bedürfniß zu seyn.

Digitized by Google

sich durch ungewöhnlich starke und häufige Nordlichter auszeichneten. Wird gleich durch die erwähnten Untersuchungen die Existenz dieser Periodicität erwiesen, so scheint mir doch sehr schwierig, etwas Näheres über dieselben anzugeben. Die Nachrichten aus früheren Jahrhunderten sind sehr unvollständig, und jedenfalls wurden nur die bedeutenderen derselben aufgezeichnet, und zwar diese wohl nur dann, wenn etwa Krieg, Pestilenz oder dergleichen darauf folgten; aber auch die seit einem Jahrhunderte, wo Erscheinungen dieser Art mehr beachtet sind, gesammelten Erfahrungen enthalten gewiß manche Lücken, und Physiker künftiger Jahrhunderte werden nicht selten über unregelmäßige Sprünge in diesen Zahlen verwundert seyn. Gewiß scheint es mir, daß die Angaben über die Anzahl der Nordlichter in den beiden ersten Decennien unseres Jahrhunderts in Vergleich mit denen aus dem dritten Jahrzehend zu klein sind. War gleich durch die Arbeiten von de Luc und Sauſſure, so wie durch die Bemühungen der meteorologischen Societät zu Mannheim in dem letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts der Eifer für Beobachtungen atmosphärischer Phänomene lebhaft erwacht, so erkaltete dieser doch allmählig, und wir finden hier eine große Lücke in dem Verzeichnisse der Beobachtungen, welche sich nothwendig auch auf die Nordlichter erstreckt. Erst seitdem durch die fast gleichzeitigen Arbeiten von Hansteen, Oersted und Arago der Gesichtskreis erweitert worden ist, finden wir eine größere Anzahl von Beobachtern beschäftigt, diese Phänomene zu verfolgen. Daher geschieht es wohl, daß jetzt im Anfange der neuen Periode die Zahl der Nordlichter so schnell zunimmt. Sollte einst dieser Eifer wieder erkalten, so würde die Zahl geringer seyn, als sie unter den jetzigen Umständen seyn würde.

Wir haben mehrmals erwähnt, daß sehr lebhafte Nordlichter auf einem großen Theile der Erde gesehen werden, und es entsteht nun die Frage, wie groß die Höhe derselben sey. Dieser Gegenstand scheint zuerst von F. C. Maier behandelt zu seyn[67]), indem er annahm, der Nordlichtsbogen bilde einen größten Kreis, dessen Mittelpunkt in der Erdaxe liege und nun aus der Breite des Ortes, der Höhe und Weite des Nordlichtsbogens seinen Abstand

67) Comment. Petrop. I, 351. IV, 128.

von der Erdoberfläche herleitete. Diese Formel wurde in der Folge von Kraft abgeändert[68]), von Maupertuis auf eine ähnliche Art hergeleitet[69]), und noch neuerdings hat R. Potter[70]) es versucht, die Anwendbarkeit dieses Verfahrens zu zeigen, indem er jedoch die Voraussetzung machte, daß der Mittelpunkt des Nordlichtbogens über dem Magnetpole schwebe, wobei dann natürlich der Abstand des letztern von dem Beobachtungsorte statt der in Maier's Formel vorkommenden Polhöhe genommen werden muß[71]).

So einfach dieses Verfahren auch zu seyn scheint, so ist eine Anwendung desselben doch mit manchen Schwierigkeiten verbunden, und Maier, welcher selbst die Häufigkeit der Nordlichter in Petersburg erwähnt, fügt doch hinzu: nullas idoneas hactenus licuit observationes instituere, quibus regulam illustrarem. Deshalb hat man dem Verfahren den Vorzug gegeben, wo zwei von einander entfernte und wo möglich auf demselben magnetischen Meridiane befindliche Beobachter die Höhe des Bogens über dem Horizonte messen. Mairan[72]), Klügel[73]), Hansteen[74]) und Andere haben die zu dieser Rechnung nöthigen Formeln gegeben; da dieselben indessen einfach sind und nahe mit denen übereinstimmen, welche wir für die Höhe der Sternschnuppen gegeben haben, so will ich dabei nicht länger verweilen.

Es ist jedoch die Frage, ob wir durch alle diese Methoden ein scharfes Resultat erlangen werden. Da das Phänomen selbst so veränderlich ist, der Bogen beständig schwankt und höher rückt, da ferner oft ein Beobachter mehrere concentrische Bögen sieht, während ein anderer deren nur einen bemerkt, so hält es schwierig, genau gleichzeitige Messungen von entfernten Punkten zu erhalten. Ist dagegen der Abstand der Beobachter nicht sehr groß, so daß es möglich ist, daß diese die Parallaxe ausgezeich-

68) Comment. Petrop. IV, 341.

69) Mém. de Paris 1732.

70) Edinburgh Journ. of Sc. N. S. V, 209.

71) Eine Kritik dieses Verfahrens findet sich bei Mairan Aurore boréale p. 406.

72) Mairan Aurore boréale p. 54 sq.

73) Gilbert's Annalen XIX, 115.

74) Poggendorff's Annalen XXVI, 484.

neter Punkte fast gleichzeitig messen, so haben die Beobachtungsfehler wieder einen großen Einfluß auf das Endresultat. Mir scheint es aber überhaupt kaum zulässig, den Abstand des Bogens oder der Krone auf diese Art zu finden. Beide Phänomene entstehen dadurch, daß sich eine Menge von Strahlenbündeln in der gedachten Gestalt auf das Himmelsgewölbe projicirt und daher wird ein jeder Beobachter das Phänomen auf eine verschiedene Weise sehen. Wenn daher bei demselben Nordlichte eine größere Zahl von Messungen vorhanden ist, so geben verschiedene Combinationen der letzteren Größen, welche sehr von einander abweichen. So findet Hansteen für das Nordlicht vom 7. Januar 1831 durch Combination der Höhen des Bogens, wie sie in Christiansand in Norwegen und in Berlin erschienen, eine Höhe von $26\frac{1}{3}$ geographischen Meilen, wofür Poggendorff $18\frac{2}{3}$ Meilen nimmt, indem die scheinbare Höhe des Bogens anfänglich wohl zu groß geschätzt wurde [75]). Für eben dieses Nordlicht combinirt Christie mehrere in England gemachte Beobachtungen und findet unter verschiedenen Voraussetzungen 25,7 oder 14,86 oder 4,9 englische Meilen [76]), Größen, welche von den vorhin gegebenen sehr bedeutend abweichen.

Wir dürfen dem Gesagten zufolge die Bestimmungen dieser Größe nur mit Mißtrauen anwenden, da wir bei demselben Phänomene so bedeutende Ungleichheiten finden. Ich will hier einige dieser Bestimmungen mittheilen. Kraft [77]) findet aus seinen in Petersburg angestellten Messungen die Höhe von 124 bis 282 geographischen Meilen. Mairan [78]), welcher eine Zahl von Messungen berechnete, findet die verticale Höhe zwischen 47 und 266 lieues, und glaubt als mittlere Höhe 200 lieues, also 120 geographische Meilen annehmen zu können. Nach Bergmann [79]) ist die Höhe der Nordlichter etwa 72 schwedische Meilen, nahe 100 geographische Meilen, indem die Größen zwischen

75) Poggendorff's Annalen XXII, 485.

76) Das. S. 474.

77) Comment. Petrop. IV, 341.

78) Mairan Aurore boréale p. 62, 412, 433.

79) Abh. der Schwed. Akademie XXVI, 200.

Digitized by Google

20 und 151 schwedischen Meilen schwankten. Cavendish [80]) giebt für ihre Höhe 52 bis 71 geographische Meilen. Gilbert [81]) giebt für das Nordlicht vom 22. October 1804 eine Höhe von etwa 51 geographischen Meilen. Dalton [82]) glaubt als mittlere Höhe etwa 100 englische, oder 18 geographische Meilen annehmen zu können. Für das Nordlicht vom 25. December 1830 findet Potter [83]) eine Höhe von 159,4 englischen, etwa 27 geographischen Meilen.

Die eben gegebenen Größen zeigen eine bedeutende Verschiedenheit unter einander; auffallend aber ist es, daß dem obigen in chronologischer Ordnung mitgetheilten Verzeichnisse zufolge die Höhe allmählig geringer geworden ist. Ich wage es nicht, diese Abnahme als Gesetz auszusprechen, zumal da dem Gesagten zufolge die Bestimmung dieser Größe mit so vielen Schwierigkeiten verbunden ist. Sollte indessen diese Abnahme wirklich Statt finden, so könnte man geneigt werden, diese geringere Höhe der Nordlichter mit dem seltnern Erscheinen derselben im Anfange dieses Jahrhunderts in Verbindung zu setzen, da tiefer schwebende Polarlichter im mittlern und nördlichen Europa selten sichtbar seyn werden.

Während wir sehen, daß besonders ältere Physiker dem Nordlichte eine sehr bedeutende, weit über die Gränzen der Atmosphäre hinausgehende, Höhe zuschreiben, finden wir in neueren Zeiten mehrere Beobachter eifrigst bemüht, das Phänomen in die Region der Wolken zu verlegen. Zwar hatten bereits manche Physiker früherer Zeiten die Ansicht, daß das Polarlicht in der Region der höheren Wolken schwebe, jedoch sind ihre Behauptungen in Folge der eben erwähnten Arbeiten unbeachtet geblieben. So sprach schon F. C. Maier diesen Satz aus [84]), und eben so sagt Kraft [85]), daß er die Nordlichter vom 24. August 1737,

80) Phil. Trans. 1790. p. 32.

81) Gilbert's Annalen XIX, 103.

82) Phil. Trans. 1828. p. 291.

83) Edinb. Journ. of Sc. N. S. V, 217.

84) Comment. Petrop. I, 354.

85) Ibid. IX, 360. und Novi Comment. Petrop. I, 144.

Digitized by Google

25. Novbr. 1744 und 22. Octbr. 1746 zwischen vielen zertheilten Wolken gesehen habe. Selbst Bergmann, dessen Bestimmungen oben mitgetheilt wurden, sagt, daß am 17. October 1763 die Nordlichtsstrahlen sich bis in die Region der feinsten Wolken erstreckt haben, und eben so glauben Gißler und Helland, ihren im nördlichen Scandinavien gemachten Beobachtungen zufolge, daß das Nordlicht mit der Atmosphäre in Verbindung stehe und sich oft bis nahe an die Oberfläche der Erde herablieſe [87]). Auch Thienemann, welcher das Phänomen auf Island sehr sorgfältig beobachtete, hält sich berechtigt, dasselbe in die Region der Wolken zu versetzen, und eben so folgerte Wrangel [88]) aus seinen Beobachtungen an den Küsten des Eismeeres, daß es sich nicht immer nur in die sehr hohen Regionen der Atmospäre erstrecke, sondern auch der Erdoberfläche sehr nahe komme.

Unter den in Europa wohnenden Beobachtern ist es besonders der mehrfach erwähnte Prediger James Farquharson zu Alford in Aberdeenshire in 57° 15′ N, welcher die Ansicht zu vertheidigen sucht, daß das Nordlicht nicht die bedeutende Höhe habe, welche man ihm gewöhnlich anweist [89]). Er greift dabei vorzüglich die Untersuchung von Dalton [89a]) an, welcher dem Nordlichte vom 29. März 1826 eine Höhe von etwa 100 engl. Meilen zugeschrieben hatte, indem er sich dabei der gefundenen Höhen der Lichtbögen bediente, welche von Edinburgh bis Warrington gesehen wurden. Da so oft in kurzer Zeit eine große Anzahl von Bögen sichtbar ist, welche sich mehr oder minder schnell vom magnetischen Nord durch das Zenith nach Süden bewegen und erlöschen, so hält Farquharson es für wahrscheinlich, daß die gefundenen Parallaxen häufig verschiedenen Bögen zukommen, zumal, da sich unter den Beobachtungen, welche Dalton seiner Rechnung zum Grunde legte, offenbar Widersprüche finden [90]). Verfolgen wir den aufsteigenden Nordlichts-

87) Abhandl. der schwed. Akademie XV, 86.

88) Wrangel Phys. Beob. S. 60.

89) Phil. Trans. 1829. p. 103.

89a) Daſ. 1828. p. 291.

90) Daſ. 1829. p. 115.

Digitized by Google

bogen, so erhebt er sich oft sehr schnell und durchläuft in zehn Minuten zuweilen einen Raum von 40° [91]), dabei werden seine Dimensionen schmäler und im Zenith beträgt seine Breite meistens nur 3° bis 5°, worauf er bei seinem Fortrücken nach Süden wieder an Breite zunimmt. Einmal, am 22. November 1825, sah Farquharson zwei concentrische Bögen dieser Art, welche aber nicht bis zum westlichen Horizonte herabsanken, indem sich hier eine dunkle Wolkenschicht befand, deren oberer östlicher Rand ziemlich scharf begränzt war; mehrmals schien es ihm, als ob einzelne Nordlichtsstrahlen auf diese Schicht projicirt wurden, also tiefer waren, als diese [92]). Ein anderes Mal sah Farquharson eine ausgedehnte Wolkenmasse am nördlichen und nordöstlichen Horizonte, während der übrige Theil des Himmels heiter war; diese Wolkenmasse wurde von den aus ihnen kommenden Nordlichtsstrahlen weit heller erleuchtet, als es der Mondschein gethan haben würde, während ähnliche Wolken an andern Theilen des Himmels keine solche Beleuchtung zeigten. Es war unmöglich, fährt er fort, dem Nordlichte eine Entfernung zu geben, welche größer war, als die der Wolken, oder zu bezweifeln, daß letztere und das Licht Theile desselben Phänomenes wären [93]). Die merkwürdigste und wichtigste Thatsache beobachtete Farquharson am 20. December 1829. Er sah nämlich um $8\frac{1}{2}$ bis 11 Uhr Abends ein sehr glänzendes Nordlicht über einer dichten Wolkenmasse, welche die Spitzen der nördlich von seinem Wohnorte liegenden Coreenhügel bedeckte. Obgleich der übrige Theil des Himmels heiter war, so stieg das Nordlicht doch nie höher als 20°. Gleichzeitig sah der Prediger James Paull zu Tullyneßle, welches zwei englische Meilen nördlich von Alford in einem engen Seitenthale der erwähnten Hügelreihe liegt, um $9\frac{1}{4}$ Uhr Abends das Nordlicht ungewöhnlich hell in der Nähe des Zenithes, so daß es wahrscheinlich wird, daß es über diesem Thale in einer Höhe von höchstens 4000 Fuß gelegen habe [94]).

91) Phil. Trans. 1829. p. 108.

92) Daſ. p. 114.

93) Daſ. p. 113.

94) Daſ. 1830. p. 104.

So sehr diese Ansichten von Farquharson auch von den herrschenden Vorstellungen abweichen, so haben wir doch durch die neueren Reisen der Engländer nach den Polargegenden Thatsachen kennen gelernt, welche dieselben im hohen Grade bestätigen. So sah Parry am 27. Januar 1825 im Hafen Bowen gegen Mitternacht ein Nordlicht, welches sich durch eine Masse von dichtem und gelbem Lichte in Südosten ankündigte, die nicht weit von der Erde entfernt zu seyn schien. Ohne Unterbrechung folgten die Lichtstrahlen einander. „Im Augenblicke, als wir, Lieutenant Sherer, Roß und ich, beim Observatorium standen, um uns an der Schönheit dieses Schauspieles zu ergötzen, entfuhr uns ein Schrei des Erstaunens und der Bewunderung, denn wir sahen einen glänzenden Strahl sich losreißen von der Lichtmasse und ungefähr drei tausend Ruthen von uns auf die Erde herabstürzen" [95]).

Ganz vorzüglich aber haben Franklin, Hood und Richardson auf diesen Umstand aufmerksam gemacht. So sah Hood am 2ten April 1820 um 10^h Abends in Cumberland-House einen glänzenden Bogen in 10° Höhe, während es an einem 55 englische Meilen in SSW liegenden Punkte nicht sichtbar war. Da hier die Bäume sich etwa 5° über den Horizont erheben, so ist es wahrscheinlich, daß der Bogen nicht mehr als 7 engl. Meilen über der Erde lag. Am 6. April stand das Nordlicht als verworrene Lichtmasse mehrere Stunden im Zenith von Cumberland-House (53° 56′ 40″ N, 102° 16′ 41″ W Greenwich), dagegen in 53° 22′ 48″ N und 103° 7′ 17″ W erschien es als ein etwa 9° hoher und ruhiger Bogen, so daß seine Höhe 7 engl. Meilen betrug. Eben so hatte ein Nordlicht am 7. April 1820 eine Höhe von 6 bis 7 Meilen. Daß die Höhe nicht so bedeutend sey, als gewöhnlich angenommen wird, scheint dadurch bestätigt zu werden, daß das Nordlicht oft in einer Secunde einen Bogen von 100° durchlief, was sich kaum mit der gewöhnlich angenommenen sehr bedeutenden Höhe zu vertragen scheint [96]). Auch

95) Poggendorff's Annalen IX, 160. Eine ähnliche Thatsache glaubte auch Hood in Cumberland-House am 19. April 1820 zu beobachten. Franklin Narrative p. 546.

96) Franklin Narrative p. 541.

Digitized by Google

Franklin glaubte, daß am 13. Februar 1821 das Nordlicht im Fort Entrepriſe (64° 28′ 24″ N, 113° 6′ W) zwiſchen einer Wolkenſchicht und der Erde befindlich wäre. Es war nämlich die Atmoſphäre ſo bezogen, daß die Sterne vollſtändig verdunkelt wurden und die Ränder des Mondes ſich nur mit Mühe erkennen ließen. Ein glänzendes Nordlicht ſchoß viele Strahlen und um 11^h 50′ zog eine glänzende, prismatiſch gefärbte Lichtmaſſe zwiſchen der Wolke und der Erde fort, indem die Wolke dadurch ganz verdeckt wurde[97]). Mehrere Beobachtungen im folgenden Winter beſtätigten eben dieſes[98]). Namentlich ſagt Richardſon[99]), daß das Nordlicht ſehr häufig in der Region der Wolken ſchwebe, und daß es namentlich mit der Bildung des Cirrostratus zuſammenhänge. Auch die Erfahrungen, welche auf Franklin's zweiter Reiſe geſammelt wurden, ſchienen das Geſagte zu beſtätigen; da ſie nämlich ſehr häufig die untere Fläche von dichten Wolken erleuchteten, ſo konnte ihre Höhe nach den Bemerkungen von Richardſon nicht ſehr hoch ſeyn. Bei einer Diſtanz von 20 Meilen ſah Richardſon einſt ein ſehr glänzendes Nordlicht, während Kendall nichts davon bemerkte[100]).

Wir ſehen aus den mitgetheilten Thatſachen, daß die Höhe der Polarlichter eben ſo wie die der Wolken ſehr ungleich ſey; nur höhere Nordlichter werden weithin ſichtbar ſeyn, ob aber die Höhe von 20 und mehr Meilen je Statt finde, ſcheint mir im hohen Grade zweifelhaft, und wenn gleich die weite Sichtbarkeit der Polarlichter dieſer Anſicht zu widerſprechen ſcheint, ſo bleibt doch die Frage erlaubt, ob ſich nicht gleichzeitig das Phänomen über einen großen Theil der Erde bilde, gerade ſo wie Gewitter oft gleichzeitig auf einem großen Raume Statt finden. Auch Muncke[1]) iſt der Meinung, daß ſich die Nordlichter an ihrer äußerſten Gränze ſchwerlich höher erheben, als etwa 4 geographiſche Meilen. Dieſe Höhe erreichen ſie jedoch ſeiner Anſicht nach ſelten und verbreiten von hier aus ihr Licht bis in die Region

97) Franklin Narrative p. 551. 559.

98) Daſ. p. 584.

99) Daſ. p. 597.

100) Poggendorff's Annalen XIV, 616.

1) Gehler's Wörterbuch N. A. VII, 174.

Digitized by Google

der Wolken herab, welche überhaupt der Sitz der meisten kleineren Nordlichter ist. Farquharson machte dabei auch auf einen Umstand aufmerksam [2]). Geben wir dem Nordlichte nämlich eine Höhe von 100 englischen Meilen, so müssen Strahlen, die sich am Horizonte zeigen, völlig erloschen seyn, wenn sie den großen Weg durch die Atmosphäre zurückgelegt haben, wofern wir ihnen nicht eine ungeheure Lichtstärke zuschreiben wollen. Muncke hebt diesen Umstand ebenfalls hervor und er glaubt, daß bei den gewöhnlich angenommenen Höhen die Helligkeit an entlegenen Orten weit größere Differenzen zeigen müßte, als es wirklich der Fall ist. Wäre z. B. nach der von Gilbert angestellten Berechnung der von ihm gemessene Nordlichtsbogen über Kongsberg hingegangen, dort sein Abstand von der Erde 50, in Halle 131 Meilen gewesen, so müßten sich die Lichtintensitäten an beiden Orten nahe wie 8 : 1 verhalten. Eben so war nach Hansteen's Bestimmung der Bogen vom 7. Januar 1831 etwa 28 Meilen von Christiansand und 88 Meilen von Berlin entfernt, was eine Verminderung des Lichtes in dem Verhältnisse von 9 : 1 giebt [3]). Vergleichen wir aber die einzelnen Angaben über die Helligkeit dieses Nordlichtes, welches Poggendorff in seiner mehrfach erwähnten Arbeit zusammengestellt hat, so scheint daraus keineswegs eine so bedeutende Verminderung der Lichtstärke zu folgen.

Ein Umstand, welcher sich durchaus nicht mit der gewöhnlich angenommenen großen Höhe der Nordlichter vertragen würde, ist das Geräusch, welches öfter bei demselben wahrgenommen wird und seinen Grund in dem Strahlenschießen haben soll. Dieses Geräusch wird von Einigen mit demjenigen verglichen, welches entsteht, wenn ein Stück Seidenzeug über einander gerollt wird, von Andern mit dem Knistern elektrischer Funken, noch Andern, wie Parrot [4]), mit dem Geräusch der stark vom Winde getriebenen Flamme einer Feuersbrunst. Muncke [5]) ist der Mei-

2) Phil. Trans. 1829. p. 116.

3) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 175. Wegen des Lichtverlustes in der Atmosphäre ist die Veränderung noch bedeutender, als Muncke sie angiebt.

4) Parrot Physik der Erde S. 492.

5) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 187.

Digitized by Google

nung, die Existenz dieses Geräusches beruhe ursprünglich auf den Erzählungen der Grönlandsfahrer, welche ihre Erzählungen von dem, was sie in so fernen Gegenden gesehen hatten, gern mit etwas Abenteuerlichem ausschmückten. Er theilt sodann mit großer Vollständigkeit die Meinungen für und wider die Existenz dieses Geräusches mit, von denen ich hier einige der wichtigsten wiedergeben will.

Wargentin[6]) führt die Zeugnisse mehrerer Beobachter in Scandinavien an, welche dasselbe gehört hatten; eben so will es Ramm[7]) in Hedemarken und Münck[8]) in der Nähe von Skien gehört haben, so wie Hertzberg[9]) in Ullensvang, und überhaupt glaubt Hansteen, den Beobachtungen seiner Landsleute zufolge, daß dann, wenn lebhafte Nordlichtsstrahlen durch das Zenith gehen, ein Geräusch wahrgenommen werde[10]). Selbst in Paris will es Messier[11]) am 21. März 1762 und eben so Charles gehört haben. Auch in England hat es Nairne gehört, so wie Brewster[12]) am 5. December 1801 zu Edinburg, und er fügt hinzu, daß Grant und Burneß dasselbe auf den orcadischen Inseln bemerkt hätten. Für die Existenz des Geräusches sprechen auch die Erfahrungen Henderson's auf Island, von Dunbar auf den Hebriden, von Petri in Esthland und von Parrot in Dorpat, so wie von Billings im nördlichen Asien. Am häufigsten aber wird das Zeugniß von Gmelin[13]) angeführt, welcher erzählt, es hätten ihn viele Personen versichert, das Nordlicht sey in Sibirien mit einem so heftigen Zischen, Platzen und Rollen verbunden, daß es scheine, als hörte man das oft wiederholte Knallen des allergrößten Feuerwerkes, weswegen die Leute zu sagen pflegten, der rasende Geist gehe vorüber. Würden die Jäger an den Ufern des Eismeeres

6) Abh. der Schwed. Acad. XIV, 178. XV, 86.

7) Schweigger's Jahrb. N. R. XV, 90.

8) Das. XXII, 308.

9) Das. p. 310.

10) Das. XVIII, 365.

11) Journal des Savans T. VI.

12) Edinb. Journ. of Sc. V, 75.

13) Gmelin Reise III, 135.

Digitized by Google

von diesen Nordlichtern überfallen, so erschräken ihre Hunde so sehr, daß sie sich auf die Erde legten und es unmöglich sey, sie von der Stelle zu bringen, bis das Getöse geendigt habe.

Wenn gleich durch diese Zeugnisse die Existenz des Geräusches einige Wahrscheinlichkeit zu erhalten scheint, so giebt es doch auch einige Erfahrungen, welche dieselbe keinesweges zu bestätigen scheinen, weshalb auch schon Mairan einen Zweifel in diese Erzählungen setzte [14]). So sagt Bergmann [15]), er habe vielfältig Nordlichter, auch die größten und heftigsten, beobachtet, aber nie das geringste Geräusch bemerkt, obgleich er genau darauf geachtet habe. Es bedarf sonst viele Aufmerksamkeit, fügt er hinzu, wenn man sich nicht betrügen will, denn man ist sehr geneigt, das Sausen und fremde Zischen, welches man hören kann, von der Bewegung herzuleiten, welche man sieht. Eben so bemerkt Buch [16]), daß aufmerksame Beobachter weder in Nordland noch in Finnmarken je ein Geräusch gehört hätten, ja daß viele Norweger, welche er darüber bis zum Nord-Cap hinauf befragte, ihn versicherten, ihnen wären nur stille Nordlichter bekannt. Damit stimmen auch die Bemerkungen von Hausmann [17]) überein. Vorzüglich aber war es Petrin [18]), welcher die Existenz des Geräusches bezweifelte und eine Menge von Erfahrungen aus Sibirien, Grönland und Island mittheilte, denen zufolge es nie gehört war. Eben so sagt Wrangel von seinem Aufenthalte an den Küsten des sibirischen Eismeeres [19]): „Wir hörten bei Erscheinung der Säulen kein Krachen, überhaupt kein Geräusch. Nur wenn das Nordlicht eine große Intensität hatte, wenn die Strahlen sich oft nach einander bildeten, däuchte es uns, als höre man wie ein schwaches Blasen des Windes in die Flamme." Es wird ferner die Existenz des Geräusches weder durch die Erfahrungen von Thienemann auf Island [20]), noch durch die von

14) Mairan Aurore boréale p. 138.

15) Bergmann Phys. Beschr. der Erdk. II, 83.

16) Buch Reise durch Norwegen I, 361.

17) Hausmann Reise durch Scandinavien V, 260.

18) Gilbert's Annalen XXXVII, 40.

19) Wrangel Phys. Beob. S. 57.

20) Gilbert's Annalen LXXV, 65.

von Keilhau in Finnmarken [21]) erwiesen. Auch Biot [22]) hörte dasselbe nie auf der Insel Unst, obgleich ihn die Einwohner versicherten, es oft gehört zu haben.

Ein vorzügliches Gewicht erhalten diese verneinenden Thatsachen durch die Erfahrungen der Engländer im hohen Norden. So hörte Parry bei seinem mehrmaligen Aufenthalte, aller Aufmerksamkeit ungeachtet, nie etwas von demselben, und eben so sagen Franklin, Hood und Richardson [23]) übereinstimmend, daß sie nie etwas davon gehört hätten, obgleich alle Bewohner der Gegenden erzählten, es oft wahrgenommen zu haben. Eben so wenig wurde auf Franklin's zweiter Reise ein Geräusch gehört, obgleich am Bärensee 343 Nordlichter erschienen [24]).

Dem Gesagten zufolge ist wenigstens so viel gewiß, daß dieses Geräusch sich nur zuweilen zeige, und mehrere Physiker, wie Arago [25]), Hansteen, Parrot u. s. w., bezweifeln die Existenz desselben nicht im geringsten. Wollen wir dasselbe aber als wirklich vorhanden annehmen, so dürfen wir dem Lichte nur eine geringe Höhe zuschreiben; selbst wenn es, wie schon Mairan bemerkte, an dem Orte seiner Entstehung die Stärke des Donners hätte, so würde der Schall auf seinem Wege durch eine stets dichter werdende Luft so geschwächt, daß man ihn nur mit Mühe wahrnehmen würde. Dazu kommt, daß den affirmativen Zeugnissen zufolge das Geräusch nicht lange nach dem Strahlenschießen gehört zu werden scheint. Vergessen aber dürfen wir bei dieser Thatsache nicht, daß bei auffallenden Erscheinungen dieser Art häufig der logische Satz quia post hoc ergo propter hoc fälschlich angewendet wird. Wie schwer hält es nicht, sich hier vor Täuschungen zu bewahren! Ein Rauschen und Sausen des Windes ist häufig des Abends wahrnehmbar, ohne daß darauf geachtet wird; wenn man aber mit Aufmerksamkeit eine Erscheinung in der Atmosphäre verfolgt, so geschieht es nicht selten, daß

21) Poggendorff's Annalen XIV, 621.

22) Gilbert's Annalen LXVII, 31.

23) Franklin Narrative p. 543. 552. 585. 599.

24) Poggendorff's Annalen XIV, 616.

25) Ann. de chimie XXXIX, 414.

gleichzeitige anderweitige Phänomene mehr beachtet und damit in Verbindung gesetzt werden. Und wie oft mag dieses geschehen seyn! Franklin erzählt an der angeführten Stelle eine Thatsache, wodurch dieses auffallend bestätigt wird. Als einst das Nordlicht lebhafte Strahlen schoß, so glaubte er, ein Geräusch zu hören, aber ein erfahrner Kanadier sagte ihm, daß dasselbe eine Folge von der Zusammenziehung des Eises und der Schneekruste sey, indem auf mildere Witterung eine strenge Kälte folgte. Und ist das Donnern, welches Gmelin's Erzählung zufolge die Jäger an den Küsten des Eismeeres hören, nicht vielleicht ein Zerreißen der Eismasse, welches an den heitern Abenden, wo die Nordlichter erscheinen, in Folge der vermehrten Wärmestrahlung Statt findet? Und daß ein solches Bersten und Brechen der Eismasse eben sowohl auf dem Eise der Polarmeere, als in den Gletschern der Hochgebirge Statt finde, das haben uns viele Reisende in jenen Gegenden erzählt.

Nicht minder schwierig als die Feststellung des eben erwähnten Umstandes ist die Antwort auf die Frage, ob und wie das Nordlicht mit der Witterung in Verbindung stehe. Wir scheinen noch weit davon entfernt, hierüber etwas Genügendes zu sagen, ja wenn man die einzelnen Arbeiten über diesen Gegenstand, so wie detaillirte Beschreibungen von Nordlichtern aufmerksam durchsieht, so findet man fast stets nur eine Antwort auf die Frage: was bedeutet dieses? nie: woher kommt es? Derselbe Umstand also, welcher die Fortschritte der Meteorologie und der übrigen Theile der physischen Geographie aufgehalten hat, ist auch hier noch gegenwärtig hinderlich. Und was heißt bei einem Phänomene, das so weit ausgebreitet ist, Witterung? Die Thatsachen, welche an einem einzigen Orte des nördlichen Europa etwa beobachtet sind und zur öffentlichen Kunde gelangen, können doch unmöglich dazu dienen, eine Vorstellung von dem Witterungsverhältnisse auf einem großen Theile der Erde zu geben. Und können nicht vielleicht verschiedene Nordlichter auf eine ungleiche Art wirken? Ist es nicht möglich, daß man bei Zusammenstellung einer großen Zahl von Beobachtungen verschiedenartige Thatsachen combinirt und dadurch die Gesetze verdunkelt? Ist nicht auch bei den Gewittern die folgende und vorhergehende Witterung sehr verschieden, je nachdem wir blos locale oder weit ausgebreitete,

Digitized by Google

Winter- oder Sommergewitter vergleichen? Deuten gleich viele Umstände auf diesen Zusammenhang mit der Witterung, so widersprechen sich doch die Nachrichten darüber zum Theil mehr oder weniger; ohne selbst ein entscheidendes Resultat geben zu können, bleibt mir nichts übrig, als einige der wichtigsten Ansichten von Andern mitzutheilen.

Wolff [26]) führt die Bemerkung Römer's an, die Bewohner der Gegenden, in welcher Nordlichter häufig erscheinen, hätten den Glauben, daß sie Kälte bedeuten, wenn sie vor dem Winter sichtbar würden, dagegen einen trocknen Sommer, wenn sie im Frühlinge kämen, zieht aber mit Römer diese Erfahrung in Zweifel [27]). Frobesius [28]) ist der Meinung, daß es sich bei kaltem Wetter und gewöhnlich nördlichen Winden zeige, nie aber bei Stürmen erscheine. Mairan, welcher den Nordlichtern eine bedeutende Höhe zuschrieb, leugnet jede Verbindung mit der Witterung [29]), und eben dieser Ansicht ist Bergmann [30]). Jedoch ist in späteren Zeiten der Einfluß der Polarlichter auf die Witterung noch häufig zur Sprache gekommen. So führt Muncke an, daß sie nach der Meinung von Winn westliche

26) Christ. Wolff's Gedanken über das ungewöhnliche Phänomen, welches den 17. Martii 1716 des Abends nach 7 Uhren zu Halle u. s. w. gesehen worden. 4. Halle 1716. S. 29.

27) Wolff Gedanken S. 34 untersucht die Ansichten über die möglichen, selbst politischen und moralischen Vorbedeutungen dieses Meteores ausführlich, vielleicht mit Berücksichtigung des pietistischen Geistes der hallischen Theologen jener Zeit, die doch wohl in der Erscheinung eine Strafruthe des Himmels sahen. Sehr wahr scheint mir die Bemerkung von Frobesius, da wo er die Definition des Nordlichtes giebt: Ad imperitae timidaeque plebis opinationes vel somnia si respexeris, auroram borealem haud inepte dixeris esse aliquid ejusmodi, quod ego nescio quid, veniens nescio unde, habens causas nescio quas, valde multiplices ac terribiles imagines, nescio quo modo et quorum hominum causa, tanquam futurarum calamitatum signa quaedam aut prodigia in coelo exhibens. Nova et antiquà Luminis atque aurorae borealis spectacula, p. 132.

28) Frobesius l. l. p. 140.

29) Mairan Aurore boréale p. 160.

30) Bergmann Phys. Beschr. der Erdkugel II, 86.

oder südwestliche Stürme bedeuten und daß letztere etwa 24 bis 30 Stunden nach ihnen eintreten. Derselben Ansicht ist Farquharson [31]); er fügt jedoch die Bemerkung hinzu, daß sich die Nordlichter besonders zur Zeit der westlichen Aequinoctialstürme zeigen, daß sie aber auch im Winter entweder unmittelbar vor oder während eines frischen Westwindes erscheinen. Scoresby [32]) fand ebenfalls, daß auf ein glänzendes Nordlicht stürmisches Wetter folgte; in andern Fällen war das Wetter schön oder veränderlich. Ein verständiger alter Mann, ein Lootse von Lerwick, der ihm seine Erfahrungen über den Zusammenhang der Witterung mit dem Nordlichte mittheilte, behauptete, daß es stillen Frost anzeige, wenn es in NW in der Nähe des Horizontes erscheine, ohne seine Strahlen gegen das Zenith zu verbreiten. Ist es aber glänzend und breitet sich gegen Südwesten aus, so kann man Wind erwarten; und dehnt es sich gegen SO aus, Regen oder Regen und Schnee vermischt. Wenn es sich dagegen in beträchtlicher Höhe über dem Horizonte sehen läßt, ein rothes oder kupferfarbiges Ansehen hat und seine Strahlen bis in das Zenith hinauf schießen, so bedeute es heftigen Sturm. Nahe damit stimmt die Aussage eines gewissen Schytte überein, welche L. v. Buch [33]) mittheilt, es sollen darnach die niedrigen Nordlichter Vorläufer von heiterm Wetter seyn, auf hohe, bewegte und flackernde dagegen Stürme folgen, und eben dieser Ansicht ist auch Hausmann [34]). Hertzberg [35]) erwähnt, er habe als Knabe, wo die Nordlichter häufig waren, gehört, daß wenn die Erscheinung sehr ruhig wäre, so bedeute dieses constante Witterung, möge letztere nun gut oder schlecht seyn; flamme aber das Nordlicht sehr stark und ginge über das Zenith bis zum südlichen Himmel, so bedeute es starke Stürme aus Südost oder Ost, und letzteres würde durch seine Erfahrungen bestätigt. Eben so sagt Henderson [36]), die Isländer betrachteten die starken flackern-

31) Phil. Trans. 1829. p. 117. 1830. p. 111.

32) Reise auf den Wallfischfang S. 33. Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 210.

33) Reise durch Norwegen I, 361.

34) Reise durch Scandinavien I, 260.

35) Magazin for Naturvidenskaberne 1826. H. I. p. 145.

36) Henderson Iceland p. 277. bei Muncke in Gehler's Wörterb. N. A. VII, 199.

Digitized by Google

dern Nordlichter als sichere Vorboten von Stürmen, und nach seiner eigenen Erfahrung traten auch wirklich plötzliche Windstöße oder Sturm aus Norden sicher binnen 24 Stunden ein. Dagegen folgert Thienemann [37]) aus seinen in Island gemachten Beobachtungen, daß zwischen Nordlichtern und Witterung kein Zusammenhang Statt finde. An den Küsten des sibirischen Eismeeres hörte Wrangel [38]) als herrschende Ansicht, daß nach einem lebhaften Nordlichte ein starker Wind von der Seite blase, wo die Säulen erscheinen, er selbst fand dieses durch seine Beobachtungen in Nischne-Kolymsk nicht bestätigt. Uebrigens, fügt er hinzu, mag dieser Widerspruch aus Local-Ursachen entstehen, welche die Seewinde verhindern, so weit zu gehen und oft in der Umgebung der Festung ganz entgegengesetzte Winde erzeugen; im Flecken Pohotzk, 70 Werst nördlich von der Festung, weht oft ein starker Nordostwind, während wir in Kolymsk Südwind haben.

Die eben mitgetheilten Nachrichten sprechen mehr oder minder bestimmt den Satz aus, daß die Polarlichter mit Stürmen zusammenhängen, ich habe aber gleich anfänglich die Meinung Römer's erwähnt, daß die im Herbste erscheinenden Kälte bedeuten. Diesen Zusammenhang mit der Kälte nehmen auch Hell und Patrin [39]) an, und Hansteen [40]) sagt, es sey eine im Norden bekannte Erfahrung, welche er durch mehrjährige Beobachtungen bestätigt gefunden habe, daß das Nordlicht gewöhnlich von strenger Kälte begleitet werde. Wenn eine plötzliche Kälte auf einen milden Tag folgt, so zeige sich an den beiden ersten Abenden gewöhnlich das Nordlicht. Jedoch bemerkt Hertzberg in seiner vorher erwähnten Abhandlung, er habe nie von dem Zusammenhange zwischen Kälte und Polarlicht gehört.

Die Ansicht, daß das Nordlicht mit der Witterung im Zusammenhange stehe, findet sich auch im nördlichen America. So erzählt Hood [41]), sie hätten von den Eingebornen gehört, das

37) Gilbert's Annalen LXXV, 61.

38) Wrangel. Phys. Beob. S. 59.

39) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 197.

40) Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 209.

41) Franklin Narrative p. 585.

Digitized by Google

Nordlicht deute durch sein eigenthümliches Ansehen die Witterung an, welche am nächsten Tage folge. Sey es hell und seine Bewegung schnell, so folge darauf ein starker Wind; sey es aber dünn und über den ganzen Himmel verbreitet, so folge darauf mildes und bewölktes Wetter. Eine sorgfältige Prüfung des meteorologischen Tagebuches zeigte indessen keine Bestätigung dieser Ansicht. Obgleich aber, fügt Hood hinzu, der Einfluß des Nordlichtes auf das Wetter unbedeutend zu seyn schien, so ist es doch nicht unwahrscheinlich, daß ersteres durch das letztere bedingt wird. Es ist doch gar nicht mit physikalischen Gesetzen im Widerspruche, anzunehmen, daß ein leuchtender Körper, welcher in der Luft schwimmt und zuweilen in der Nähe der Wolken liegt, sich innerhalb der Regionen befindet, in denen die Veränderungen der Atmosphäre erfolgen und also diese Aenderungen dadurch anzeigt, daß er eine Gestalt annimmt, welche zum Theil von dem umgebenden Drucke abhängt. Seinen späteren Erfahrungen zufolge glaubt Richardson [42]), daß eine niedrige Temperatur für die Entstehung eines lebhaften und flammenden Nordlichtes günstig sey.

Es hält bis jetzt schwer, aus den eben mitgetheilten Thatsachen ein Resultat herzuleiten, welches alle einzelnen Fälle umfaßte. Diese Schwierigkeit ist besonders dann sehr groß, wenn wir namentlich den Zusammenhang mit der Temperatur angeben wollen. Sehen wir, daß ein Polarlicht gleichzeitig im alten und neuen Continente oder gar wohl am Nord- und Südpole der Erde erscheine, so ist doch die Frage, von welcher Gegend sollen wir die Temperatur aufsuchen? Es würde dazu erforderlich seyn, dieses Element für sehr viele Orte anzugeben und dadurch annähernd die mittlere Temperatur von einem großen Theile der Erde zu bestimmen. Diese Größe aber würde sich wenig vom allgemeinen Mittel dieses Tages entfernen. Vielleicht aber, und dadurch würden vielleicht alle Widersprüche gehoben, wäre es auch wohl möglich, daß weder eine hohe noch eine niedrige mittlere Temperatur eines großen Theils der Erde der Entstehung dieses Phänomenes günstig wäre, sondern daß es gerade bedeu-

42) Poggendorff's Annalen XIV, 616.

tende Temperaturdifferenzen zwischen entfernten Orten der Erde wären, die mit dem Nordlichte im innigen Causalzusammenhange stehen. Untersuchte dann ein einziger europäischer oder americanischer Beobachter sein Tagebuch, dann würde er keinen Zusammenhang zwischen Wärme und Nordlicht erkennen, dieser würde aber mehr oder minder klar hervortreten, wenn beide ihre Beobachtungen verglichen. Sollte sich das Gesagte einst bestätigen, so würde auch der Zusammenhang der Winde mit den Polarlichtern eine unmittelbare Folge der Temperaturdifferenz seyn. Es fehlt mir an dem nöthigen Materiale, die eben gemachten Andeutungen zu beweisen. Nehmen wir jedoch die Witterungsgeschichte des Jahres 1783 von Brandes zur Hand, so finden wir nicht selten eine Bestätigung des Gesagten. Einige Beispiele mögen zum Belege dienen. Vom 27. bis 31. März erscheinen alle Tage Nordlichter, welche zum Theil ungemein lebhaft und weithin sichtbar waren. Aber eben diese Tage zeichnen sich durch große Unregelmäßigkeiten im Gange der Wärme aus. Vom 27. bis 30. März wird es im mittlern und südlichen Europa kälter, auf dem Gotthardt so kalt und kälter, als es im ganzen Winter gewesen ist, zu gleicher Zeit aber steigt die Wärme in den nördlichen Gegenden. Am 7. April Nordlicht in Europa und America, aber in dieser Zeit waren besonders die nördlichen Gegenden Europa's erkaltet, während die Temperatur der südlichen Orte unverändert blieb, zum Theil sogar zunahm und in New-York die größte in diesem Monate beobachtete Kälte eintrat. Am 27. April ein ebenfalls sehr weit verbreitetes Nordlicht und gleichzeitig in Rio Janeiro ein Südlicht, aber in eben dieser Zeit findet eine große Temperaturdifferenz zwischen dem nördlichen und südlichen Europa Statt. Eben so wurden im Herbste des Jahres 1834 viele Nordlichter gesehen, aber während der folgende Winter in Deutschland zu den gelinderen gehörte, so zeichnete er sich in America durch große Kälte aus. Und um nur den Winter von 1835 bis 1836 zu erwähnen, so erschienen Zeitungsnachrichten zufolge die Polarlichter in demselben mit ungewöhnlichem Glanze; aber auch er zeichnete sich durch große Temperaturdifferenzen und heftige Stürme, so wie lebhafte Bewegungen des Barometers aus; denn während die Temperatur von Halle sich wenig von dem Mittel entfernte, war in Rußland,

Digitized by Google

dem südlichen Europa und dem nördlichen Scandinavien die Kälte ungewöhnlich groß.

Wofern wir also über diesen Punkt etwas Genügendes sagen wollen, müssen die Untersuchungen auf eine andere und weit umfassendere Art angestellt werden, als dieses bisher geschehen ist. Jedenfalls aber scheint es mir wahrscheinlich, daß auch hier noch besondere Fälle unterschieden werden müssen, sey es nun, daß wir das allgemeine Ansehen oder die Gegend berücksichtigen, aus welcher vorzugsweise die Strahlen hervorkommen, wofern alle Verwirrung vermieden werden soll. Wie eine solche Trennung vorgenommen werden müsse, das muß der Entscheidung derjenigen Physiker überlassen bleiben, die die Gegenden bewohnen, in denen sich das Phänomen häufig zeigt.

Soviel scheint indessen mehr als wahrscheinlich, daß die Polarlichter im Zusammenhange mit der Bewölkung stehen. Schon Frobesius [43]) rechnet zu den gewöhnlichen oder beständigen Phänomenen, die das Nordlicht begleiten, dünne weiße Wolken, welche weiß und sehr durchsichtig sind und bald rauchartig erscheinen, bald wieder gänzlich verschwinden; zu den weniger häufig vorkommenden Umständen aber rechnet er mehr oder minder dichte Wolken, die am Himmel zerstreut sind und aus denen Nordlichtsstrahlen hervorschießen. Von eben diesen dünnen Wolken sprechen Kraft [44]), Musschenbroek [45]), Wargentin [46]) und andere ältere Beobachter. Aber es war wohl die von Mairan über dieses Phänomen vorgetragene Hypothese Ursache, daß man diesen Umstand weniger beachtete. Jedoch haben die in Scandinavien wohnenden Beobachter stets ein Gewicht darauf gelegt, und Hansteen [47]) hebt es als einen merkwürdigen Umstand hervor, daß bei einem Nordlichte die ganz heitere Luft in Zeit von noch keiner Minute mit einem fast undurchdringlichen Schleier bezogen werde, welcher in eben so kurzer Zeit aufs Neue wieder verschwindet. Etwas Aehnliches beob-

43) Aurorae boréalis spectacula p. 139.

44) Novi Comment. Petrop. III, 390.

45) Introductio §. 2493.

46) Abh. der Schwed. Acad. XV, 86.

47) Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 197.

Digitized by Google

achtete auch Argelander [48]) in Åbo und Helsingfors. Meistentheils nämlich erhebt sich, nachdem das Nordlicht einige Male Strahlen geschossen hat, das an den Enden der Basis gelagerte unregelmäßige Gewölk und überzieht in wenigen Augenblicken den ganzen Himmel mit einem dichten Schleier. Dann bricht sich zuweilen das Gewölk späterhin wieder, und in den Wolkenspalten sieht man noch lange den Lichtschimmer, auch wohl einzelne Strahlen. Verschwindet dagegen die Basis und der Lichtsaum allmählig, ohne daß es trübe geworden ist, so kann man mit ziemlicher Sicherheit darauf rechnen, daß den folgenden Abend ein neues Nordlicht sich zeigen werde.

Ganz vorzüglich aber scheint dieser Zusammenhang durch die auf Franklin's Reise gesammelten Erfahrungen bestätigt zu werden. Franklin sah nicht blos, daß die Wolken während des Tages sich oft auf eine ähnliche Art ordneten, als die Nordlichter [49]), sondern er bemerkte alsdann auch ähnliche Oscillationen der Magnetnadel, als letztere erzeugen. Bestimmter noch hebt Richardson diesen Umstand hervor [50]). Er ist geneigt anzunehmen, daß das Nordlicht stets die Bildung einer oder der andern Modification des Cirrostratus begleitet, oder ihr vorhergeht. Das Nordlicht schoß die lebhaftesten Strahlen dann, wenn einzelne sehr dünne Massen des Cirrostratus in der Luft schwebten, oder wenn diese Wolkenart so dünn war, daß ihre Gegenwart nur durch die Entstehung eines Hofes um den Mond erkannt werden konnte. Der Mondschein begünstigte die Beobachtung dieser Thatsache in hohem Grade, denn dadurch wurde es möglich, manche Wolken zu sehen, die man sonst nicht bemerkt haben würde. Zuweilen zeigte sich in dieser Wolkenart eine Art Polarität, besonders dann, wenn sie sich dem Cirrus näherten, indem ihre langen Durchmesser senkrecht auf dem magnetischen Meridiane standen. Erschien endlich die niedrige dunstige Modification des Cirrostratus in der Luft, so war das Licht größtentheils von einer mehr oder weniger tiefen goldgelben Farbe; war die Luft dagegen

48) Königsberger Vorträge I, 26.

49) Franklin Narrative p. 552.

50) Daſ. p. 597.

heiter oder zeigten sich einzelne feine Wolkenfasern, so erschienen prismatische Farben. Eben dieses bestätigten auch die Erfahrungen auf Franklin's zweiter Reise [51]). Vergleicht man die ausführlichen Beschreibungen, welche Richardson von den einzelnen Nordlichtern giebt, so findet man eine Menge von Belegen zu diesen Behauptungen, und mehrmals geschah es, daß dann, wenn dünne Schäfchen am Himmel standen, die Lichtmasse von Wolke zu Wolke fortrückte und in der Mitte einer jeden am hellsten war.

Mit dem Gesagten hängt eine andere von Hood erzählte Thatsache zusammen. Es fiel nämlich zweimal während des Nordlichtes aus heiterm Himmel Schnee [52]). Das Nordlicht war im Zenith sehr glänzend, die Luft vollkommen heiter und der Wind sehr mäßig, als mehrere Minuten hindurch kleine Schneeflocken fielen. In beiden Fällen waren etwa eine halbe Stunde vorher Schneeschauer gewesen, aber in dem *Momente, wo die* erwähnte Erscheinung Statt fand, zeigten sich in einer Höhe von mehr als 10° über dem Horizonte keine Wolken mehr. Uebrigens haben diese Thatsache auch schon ältere Beobachter bemerkt, und Frobesius [53]) sagt ausdrücklich: Nonnunquam, si nempe *frigus intensum coelique serenitas* est, vel inter ipsa etiam luminis borealis prope horizontem spectacula, *tenuissima* quaedam, eademque a coeli stellati ac nivis super terram splendore velut *coruscantia*, *grandinis granula sparsim ex aëre*, *cum leni strepitu* quodam deciduunt.

Die eben erwähnten Bemerkungen sind auch von andern Beobachtern in neueren Zeiten bestätigt worden. So sagt Wrangel [54]): Wenn das Licht sich bis zum Zenith oder in seiner Nähe erstreckte, verschwand es in Gestalt schwacher lichter Wolken, die, nachdem das Leuchten verschwunden, weißlich blieben und oft am folgenden Tage noch als wirkliche kleine krause Wolken am Him-

51) Poggendorff's Annalen XIV, 615.

52) Franklin Narrative p. 584.

53) Luminis atque aurorae borealis spectacula p. 146. Eben dasselbe beobachtete Schwabe in Dessau am 7. Januar 1831. Kastner's Archiv III, 82.

54) Wrangel Physic. Beobachtungen S. 57.

mel standen. Wenn ferner Nordlichtssäulen beim Monde vorbeischossen, so bildeten sich Höfe größerer Art um diesen. Unabhängig von Franklin und Richardson hatte Thienemann [55]) dasselbe Resultat aus seinen auf Island gemachten Beobachtungen hergeleitet. Eben so setzt Farquharson [56]) die Erscheinung des Nordlichtes mit der Condensation des Wasserdampfes in Verbindung.

Allem Gesagten zufolge scheint mir dieser Zusammenhang zwischen beiden Phänomenen kaum zu bezweifeln; über die Ursache dieses Zusammenhanges werden wir erst später einige Bemerkungen mittheilen. Vielleicht aber hängt damit auch die von einigen Beobachtern erwähnte Thatsache zusammen, daß sich die Nordlichtsstrahlen mit dem Winde fortbewegen.

Noch muß ich hier eines Phänomenes gedenken, was man in neueren Zeiten öfter mit den Nordlichtern in Verbindung gesetzt hat, nämlich die Sternschnuppen. Schon Ginge erwähnt in der Beschreibung der auf Grönland gesehenen Nordlichter, daß sich öfter gleichzeitig Sternschnuppen zeigten, und späterhin suchte Ritter [57]) einen Zusammenhang zwischen Polarlichtern und Feuerkugeln nachzuweisen. Auch in vielen Beschreibungen der Nordlichter finden wir wohl erwähnt, daß gleichzeitig Sternschnuppen erschienen seyen. In neueren Zeiten machte Farquharson [58]) dieselbe Erfahrung und er glaubt, daß die Sternschnuppen nicht nur an solchen Abenden häufiger wären, wo Nordlichter erschienen, sondern daß ihre Bahnen auch den Nordlichtsstrahlen parallel wären, indem er in einem Falle beobachtete, daß sämmtliche Sternschnuppen scheinbar etwa aus der Gegend kämen, wo sich die Nordlichtskrone zu bilden pflegt. Niemand hat sich hierüber bestimmter ausgesprochen, als Wrangel [59]): „Wenn Sternschnuppen im Bezirk der Nordlichter erscheinen, so entzünden sich an dieser Stelle, wo der Sternschnuppen durchging, sogleich Feuersäulen, die dann von ihrem Entstehungsorte sich seitwärts

55) Gilbert's Annalen LXXV, 61.

56) Phil. Trans. 1830. p. 115.

57) Gilbert's Annalen XV, 206. XVI, 221.

58) Phil. Trans. 1830. p. 110.

59) Wrangel Phys. Beob. S. 59.

(mit dem Winde) bewegen, und es entstehen an ihrer Stelle andere Säulen und Strahlenbündel. Daß demnach Sternschnuppen am Entzünden der Säulen am Nordlichte Theil nehmen, ist oft von mir beobachtet worden." Ich wage es nicht, über diese isolirt stehenden Thatsachen ein Urtheil auszusprechen. Allerdings kann man zu Gunsten derselben anführen, daß der November, welcher sich durch die Häufigkeit der Feuer-Meteore auszeichnet, auch sehr viele Sternschnuppen zeigt; auf der andern Seite aber dürfen wir nicht vergessen, daß die Sternschnuppen sich fast in allen heitern Nächten zeigen, daß sie aber nur dann bemerkt werden, wenn etwa ein Beobachter längere Zeit den Himmel betrachtet, um die Nordlichtsstrahlen aufmerksamer zu verfolgen.

Wir wenden uns zu einer Frage, welche für die Theorie der Nordlichter von der größten Wichtigkeit ist: Zeichnen sich die Polarlichter durch eine starke Electricität aus? Nachdem man die electrische Natur des Gewitters, so wie die Aehnlichkeit des electrischen Lichtes im Recipienten der Luftpumpe mit dem Polarlichte erkannt hatte, wurde vielfach die Luftelectricität zur Zeit ihres Erscheinens untersucht. Munck e[60]) führt mit großer Vollständigkeit die bejahenden und verneinenden Erfahrungen an, ich glaube jedoch, daß alle diese Angaben völlig unbrauchbar sind, um hierüber etwas zu entscheiden. Wir wissen, daß zu jeder Zeit bei heiterm Himmel eine mehr oder minder starke Luftelectricität gefunden wird, und so wird dieses auch während des Erscheinens von Nordlichtern Statt finden, ohne daß wir deshalb letztere als alleinige Ursache ansehen dürfen. Wofern also hierüber etwas ausgemacht werden soll, so ist erforderlich, daß ein Beobachter längere Zeit hindurch die Luftelectricität bei sehr verschiedenen Zuständen des Himmels aufmerksam verfolge, um so im Stande zu seyn, die Stärke derselben für jeden Tag und jede Stunde, so wie bei größerer oder geringerer Durchsichtigkeit der Luft anzugeben; erst dann wenn dieses geschehen ist, wird es möglich, aus den während des Nordlichtes gemachten Erfahrungen ein entscheidendes Resultat herzuleiten.

Ich glaube sogar, daß die in neueren Zeiten gemachten negativen Erfahrungen in den Polargegenden bei Entscheidung dieses

60) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 209.

Digitized by Google

Umstandes wenig Gewicht haben. So sagen Wrangel und Parry ausdrücklich, daß sie keine Luftelectricität beim Nordlichte wahrgenommen hätten, und eben dieses stimmt mit den Beobachtungen auf Franklin's Reise überein, indem alle drei Reisende dieses erwähnen. So sagt Richardson [61]): „Ein nach Saussure's Angabe construirtes Electrometer, welches an einer erhöhten Stelle außerhalb des Hauses aufgestellt war, zeigte zu keiner Zeit während des Winters eine Spur von Ladung. Die Electricität unserer Körper war indessen zuweilen so groß, daß die Kügelchen weit auseinander gingen, wenn wir dem Instrumente die Hand näherten, und unsere Haut war in der Mitte des Winters so trocken, daß das Zusammenreiben der Hände ihre Electricität sehr bedeutend vermehrte und daß man dann den gewöhnlichen Geruch der Electricität bemerkte. Dasselbe bemerkten wir an den Thierfellen, welche in unsern Zimmern hingen; diese zeigten häufig, sie mochten nun gerieben seyn oder nicht, eine solche Anhäufung des electrischen Fluidums, daß man bei Annäherung der Knöchel einen Schlag erhielt, welchen man bis in den Ellbogen fühlte."

Die eben erwähnten Umstände zeigen meiner Ansicht nach, daß wir diesen Erfahrungen nur ein geringes Gewicht zuschreiben dürfen. Die Luft, welche im Innern des Landes bei der sehr niedriger Temperatur eine geringe Menge von Wasserdämpfen enthält, ist ein so trefflicher Isolator, daß die trockenen Hände so wie die Felle ihre Electricität lange Zeit behalten und dadurch die von Richardson beschriebenen Phänomene hervorbringen. Aber eben deshalb wird es im hohen Grade schwierig, die Electricität der Luft zu erkennen, selbst wenn diese in den höheren Schichten der Atmosphäre eine bedeutende Stärke haben sollte. Es ist ganz dasselbe, als wenn wir die gewöhnlichen Versuche über die Vertheilung der Electricität mit einer zwischenliegenden Luftschicht oder einer Glasplatte anstellen, indem letztere bei einiger Dicke die Hervorrufung der entgegengesetzten Electricität gänzlich verhindert. Es wird das Gesagte noch dadurch bestätigt, daß Richardson zu keiner Zeit Spuren von Luftelectricität wahr-

61 Franklin Narrative p. 598.

nahm: ein hinreichender Beweis, daß die Electricität der oberen Schichten nicht durch die trockene Luft hindurch wirken konnte.

Bei weitem entschiedener als die Electricität der Polarlichter ist ihr Zusammenhang mit dem Magnetismus. Es ist bereits früher erwähnt, daß Bogen und Krone Stellungen am Himmel haben, welche mit den Richtungen zusammenfallen, nach denen Abweichungs- und Inclinationsnadel zeigen, aber noch mehr wird diese innige Verbindung beider dadurch bewiesen, daß die magnetischen Elemente zur Zeit von Nordlichtern bedeutenden Schwankungen unterworfen sind, ja daß nicht selten nach Verschwinden des Nordlichtes Stunden und Tage vergehen, ehe die Magnetnadel wieder zur Ruhe kommt.

Celsius und Hiorter[62]) nahmen diese Thatsache zuerst in Upsala wahr, und namentlich war es der letztere, welcher am 1. März 1741 bei seinen Beobachtungen über die täglichen Oscillationen der Magnetnadel eine große Unruhe der letztern und gleichzeitig ein Nordlicht beobachtete; Celsius erwiederte, als ihm Hiorter diese Erfahrung mittheilte, auch er hätte eine solche Verwirrung der Magnetnadel unter denselben Umständen bemerkt. Bei mehreren in der Folge wiederkehrenden Erscheinungen von Nordlichtern zeigte sich meistens diese Störung mehr oder minder deutlich, und seinen sämmtlichen Beobachtungen zufolge hält er diesen Zusammenhang für vollständig erwiesen. Diese Erfahrungen wurden durch die Beobachtungen von Wargentin in Stockholm vollständig bestätigt[63]). Bei dem Nordlichte vom 16. Februar 1749, einem der schönsten, welches er je gesehen hatte, ging das Licht wie große Säulen von SSW gen NNO und wieder zurück mit einer heftigen Bewegung nach beiden Seiten durch das Zenith, wo es gleichsam strahlende Flammen über den größten Theil des Himmels verbreitete. Bisweilen verlosch es, brach alsbald wieder in neue Flammen aus. Während seiner ganzen Dauer ruhte die Nadel keinen Augenblick. Bei einem spätern Nordlichte, am 2. April, war die Nadel in einer solchen Unruhe, daß der Unterschied zwischen ihrem westlichen und östlichen Stande 5° betrug.

62) Hansteen Untersuchungen I, 412.

63) Das. S. 417.

Späterhin stellte Wilcke[64]) mehrere Jahre hindurch Beobachtungen der Magnetnadel an, und meinte, daß ihr Zusammenhang mit dem Nordlichte so deutlich, allgemein und beständig sey, daß niemand daran zweifeln könne, der beide Erscheinungen mit Aufmerksamkeit betrachtet. Trüber Himmel, Mondschein und helle Sommernächte hindern bisweilen das deutliche Wahrnehmen des Nordlichtes; wenn aber jenes nicht eintrifft, so schlägt es selten oder nie fehl, daß sich nicht Nordlichter an dem Tage, wo die Nadel eine ungewöhnliche Bewegung hat, am Himmel zeigen, und öfters brennen sie am hellsten, während die Nadel am stärksten hin und her schwankt. Gleichwohl darf man nicht umgekehrt ohne Ausnahme schließen, die Nadel zeige jedesmal sehr große Bewegungen, so oft sich dieser Glanz wirklich am Himmel einstellt. „Ich habe, sagt Wilcke, alle die Nordlichter aufgezeichnet, die ich selbst wahrgenommen habe, und darunter auch solche, bei welchen die Nadel nicht viel mehr als gewöhnliche Bewegungen gezeigt hat, ob sich gleich die Nordlichter mit Bögen und hellen Flammen ziemlich hoch verbreitet haben. Die Sache verhält sich völlig so, wie Herr Hiorter sie so richtig beschrieben hat. Die Nordspitze der Nadel scheint den Nordlichtern zu folgen und sich nach ihnen zu ziehen. Sind diese einzig oder doch am stärksten in Westen angehäuft und brennend, so wird auch die Nadel nach Westen geführt; strahlen sie wiederum am hellsten in Osten, so weicht auch die Nadel nach dieser Weltgegend hin ab. Die Nadel hat mich so oft, zumal wenn sich erst die Lichter entzünden, von ihrer Lage unterrichtet, daß ich nicht an ihrer Richtigkeit zweifle. Wenn im Gegentheile die Nordlichtwolke sehr niedrig war, oder der Bogen nach der Magnetrichtung gleichmäßig bis und über das Zenith emporstieg und die Flammen sich allenthalben gleich vertheilten, dann wurde die Nadel nicht so stark beunruhigt; dann steht sie oft mit kleinen dichten Schlägen und Bebungen einige Minuten lang still, ist auch gleich der ganze Himmel mit Strahlenschüssen und Blitzen weit über das Zenith hinaus bis nach Süden überzogen. Ein der Nadel Gewohnter bemerkt doch bald ihre beständige Unruhe, und selten läuft es

64) Hansteen Untersuchungen I, 423.

ohne ungleiches Vertheilen der Flammen ab, welches sich dann sofort durch größere Veränderungen zu erkennen giebt."

Seitdem diese Thatsache zuerst beobachtet war, bemühten sich viele spätere Beobachter diesen Zusammenhang nachzuweisen. In seiner mehrfach erwähnten Preisschrift betrachtete van Swinden [65]) den Gegenstand sehr ausführlich, und er nennt eine Reihe von Physikern, welche keine Störung in der Abweichung erkannten; er folgert aus diesen Thatsachen, daß die Wirkung nicht an demselben Orte stets Statt findet; unter 60 von ihm beobachteten Nordlichtern blieb die Nadel bei 13 derselben ruhig, während sie zu andern Zeiten Bögen von 2° bis 4° durchlief; einmal geschah es sogar, daß die Nadel während der ganzen Dauer des Meteores ruhig blieb, aber nach seinem Verschwinden fing sie an sich lebhaft zu bewegen. Andere Thatsachen, welche van Swinden anführt, wie z. B. daß die Bögen, welche drei gleichzeitig beobachtete Nadeln durchliefen oder daß am 18. Januar 1770 die Magnetnadel in Berlin ganz ruhig war, während sie in Tyrnau in Ungarn und in Jena sehr beweglich war, haben unstreitig ihren Grund in der ungleichen Beweglichkeit der Magnetnadeln, oder darin, daß die Beobachter die Nadel nicht mit hinreichender Aufmerksamkeit verfolgten; denn da ihr Nordpol bald auf der östlichen, bald auf der westlichen Seite des Meridianes liegt, so kann es geschehen, daß dann, wenn das Phänomen nicht aufmerksam verfolgt wird, die Nadel ihre mittlere Lage einnimmt, wenn der Beobachter sie etwa einmal während der Erscheinung untersucht. Außer diesen unregelmäßigen Bewegungen während des Nordlichtes nimmt nach van Swinden die Abweichung selbst einige Tage vor oder nach dem Nordlichte ungewöhnlich zu oder ab, und dann geschieht es oft wochenlang, daß die Abweichung eine ungewöhnliche Größe hat. Diese dem Nordlichte vorausgehenden Aenderungen sind so häufig, daß van Swinden darnach das Erscheinen eines Nordlichtes vorauszusagen im Stande war, und eben dieses wird durch die Erfahrungen von Cotte [66]) bestätigt. Eben dieser Unruhe der Magnetnadel zur Zeit von Nordlichtern wird von verschiedenen Beob-

65) Mémoires présentés VIII, 514.

66) Cotte Mémoires I, 342.

Beobachtern in den Mannheimer Ephemeriden gedacht. Besonders spricht darüber Ginge bei Beschreibung der Nordlichter, welche er zu Godthaab auf Grönland sah, sehr häufig. In den Abhandlungen der Copenhagener Akademie giebt er folgende Resultate seiner Beobachtungen[67]). 1) Abends vergrößert das Nordlicht die westliche Abweichung der Magnetnadel und Morgens vermindert es dieselbe. Einige wenige Beispiele der entgegengesetzten Wirkung werden jedoch gefunden. 2) Die Wirkung äußert sich im Anfange des Nordlichtes am stärksten; nimmt aber letzteres ab, so verringert sich auch die Declination der Magnetnadel. Einige Male hat gleichwohl die Declnation abgenommen, während noch das Nordlicht stark war, und wenige Male stieg die Declination, wenn das Nordlicht nachließ. 3) Die wirksamsten Nordlichter sind diejenigen, welche in der östlichen Himmelsgegend entstehen; je größern Glanz sie verbreiten und je mehr Raum sie einnehmen, desto entschiedener scheint ihre Einwirkung auf die Nadel zu seyn. Freilich giebt es auch Beispiele, daß Nordlichter aus andern Weltgegenden thätigen Einfluß auf die Nadel gehabt haben, aber ihre Anzahl ist geringer als die der ersteren.

Besonders wurde dieser Einfluß durch die Beobachtungen von A. v. Humboldt erwiesen[68]), indem die Nadel während des Nordlichtes vom 20. December 1806 sehr unruhig war; dabei war es merkwürdig, daß das in NNW stehende Meteor den Nordpol der Nadel abstieß, denn statt nach Westen vorzuschreiten, ging die Nadel vielmehr nach Osten zurück. Dabei war zugleich die Intensität des Nordlichtes kleiner geworden. Eben dieses sah Schübler bei dem Nordlichte vom 8. Februar 1817.

Es fehlt indessen aus den ersten Decennien dieses Jahrhunderts sehr an Beobachtungen dieser Art, hauptsächlich wohl deshalb, weil die Nordlichter selbst so selten erschienen. Erst später wurde theils durch Hansteen's Arbeiten, theils durch die Polarexpeditionen der Engländer der Eifer aufs Neue angeregt, und da gleichzeitig das Phänomen häufiger sichtbar wurde, so folgte eine Reihe von Erfahrungen für und wider diesen Zusammenhang.

67) Dansk Vidensk. Selsk. Skrifter. Nye Saml. III, 531. bei Hansteen Untersuchungen I, 464.

68) Gilbert's Annalen XXIX, 425.

Ich will zuerst einige der in der Nähe des Poles gesammelten Thatsachen mittheilen.

Parry[69]) bemerkt von den Nordlichtern, welche er auf Melville's-Insel sah, daß die Magnetnadel nicht davon afficirt worden sey, ja er setzt ausdrücklich hinzu, daß in jenen Gegenden, wo die Richtungskraft der Declinationsnadeln fast gänzlich fehle, jede andere Kraft eine vorzüglich starke Abweichung bewirken müsse, aber weder er noch seine Begleiter hätten selbst bei empfindlichen Nadeln je die geringste Einwirkung erkannt, und eben dieses giebt er als Resultat der von ihm im Hafen Bowen gemachten Erfahrungen an. So häufig indessen diese Behauptung auch wiederholt ist, so kann ich mich keineswegs von ihrer Richtigkeit überzeugen. Betrachtet man das Beobachtungsjournal genauer, so findet man, daß die Nadel an solchen Tagen entweder einen ungewöhnlich östlichen oder westlichen Stand hatte, daß nicht selten der Unterschied zwischen den Extremen größer war als gewöhnlich, oder daß die Momente des östlichsten und westlichsten Standes mehrere Stunden früher oder später eintraten als gewöhnlich. Mehrmals ist es sogar geschehen, daß die Nadel während des Tages bedeutend nach Westen ging, es erschien ein Nordlicht und die Nadel kehrte nun erst am folgenden Tage in ihre mittlere Stellung zurück.

Entscheidender sind die Resultate der Beobachtungen auf Franklin's beiden Reisen. Ging in Cumberland-House (53° 56′ 40″ N und 102° 16′ 41″ W v. Greenwich) der Nordlichtsbogen durch das Zenith, so hatte die Nadel einen Stand, welcher östlicher oder westlicher war, als er zu dieser Zeit zu seyn pflegte[70]). Noch aufmerksamer wurde die Nadel im Fort Entreprise (64° 28′ 24″ N und 113° 6′ v. Greenw.) verfolgt. Die größte Störung wurde hier von Franklin am 15. Februar 1821 beobachtet, wo die Atmosphäre so überzogen war, daß die Sterne nicht sichtbar waren. Der Unterschied zwischen den beiden um 11^h 50′ und 12^h 35′ A. beobachteten Extremen betrug

69) Muncke in Gehler's Wörterb. N. A. VII, 226. Brewster Edinb. Journ. of Science VIII, 197.

70) Franklin Narrative p. 548.

Digitized by Google

dem Tagebuche zufolge [71]) 5° 20′. An diesem Tage sah Franklin das sehr lebhafte Nordlicht deutlich zwischen einer Wolkenschicht und der Erde hindurchgehen, indem es die dem Beobachter zunächst liegende Seite der Wolken erleuchtete. Diese Thatsache so wie einige ähnliche führten ihn zu der Vermuthung, daß die Einwirkung auf die Magnetnadel vielleicht von der ungleichen Entfernung des Lichtes vom Beobachter abhinge. Schien das Licht durch eine dichte dunstige Atmosphäre (dense hazy atmosphere), zeigte sich ein Hof um den Mond oder fiel feiner Schnee, so war im Allgemeinen die Störung sehr bedeutend; in einigen dunstigen bewölkten Nächten zeigte sich häufig eine bedeutende Abweichung der Nadel von ihrer mittlern Stellung, ohne daß zugleich ein Nordlicht sichtbar war. Die Beobachtungen genügen indessen nicht, darüber zu entscheiden, ob dieses einem von den Wolken verdeckten Nordlichte oder dem Zustande der Atmosphäre zugeschrieben werden müsse. Aehnliche Abweichungen zeigten sich auch während des Tages, sowohl bei heiterm als bedecktem Himmel, doch häufiger im letztern Falle. Besonders häufig geschah dieses dann, wenn die Wolken während des Tages ähnliche Gestalten annahmen, als das Nordlicht. Zuweilen näherte sich ein Nordlicht dem Zenith, ohne daß damit eine Aenderung in der Stellung der Nadel verbunden war, während sich zu andern Zeiten bedeutende Oscillationen zeigten, ohne daß die Strahlenbündel oder Bögen das Zenith erreichten. Wenn das Nordlicht keine Einwirkung zeigte, so erschien es als ein Bogen von dichtem gelblichen Lichte, mit geringer oder gar keiner innern Bewegung. Diese Störung der Nadel war nicht stets proportional mit der Heftigkeit des Nordlichtes, sie war aber stets größer, wenn die schnelle Bewegung und das lebhafte Licht in einer dunstigen Atmosphäre Statt zu finden schienen. In einigen Fällen fing die Bewegung der Magnetnadel in dem Augenblicke an, wo ein Strahlenbündel vom Horizonte hervorschoß. Je nach den Umständen erreichte sie hierauf ihre frühere Lage schneller oder langsamer wieder. Bildete sich unmittelbar nachher ein Bogen, dessen Enden auf der dem frühern entgegengesetzten Seite des magnetischen Meridianes lagen, so kehrte die Nadel schneller zurück und

71) Franklin Narrative p. 573. 551.

Digitized by Google

ging dann im Allgemeinen über den Punkt hinaus, von welchem sie ihre Bewegung angefangen hatte. War aber die Störung der Nadel sehr bedeutend gewesen, so erreichte sie ihre gewöhnliche Lage selten vor dem Nachmittage des folgenden Tages. Außerdem glaubte Franklin [72]), daß, wenn die Enden der Bögen nahe in dem magnetischen NO oder SW lägen, die Nadel sich nach Osten bewegte, daß sie aber nach Westen ginge, wenn die Enden mehr in W und NW oder O und SO befindlich wären: eine Thatsache, welche jedoch Hood bezweifelt [73]), indem er durchaus keinen Zusammenhang zwischen der Lage des Nordlichtes und der östlichen oder westlichen Variation auffinden konnte. Aehnlich waren die Resultate, welche auf der zweiten Reise von Franklin am Bärensee gewonnen wurden [74]). Bei glänzendem Flimmern bewirken die Nordlichter fast beständig eine Ablenkung der Magnetnadel, sobald sie durch eine nebelige Atmosphäre erscheinen und sich in den Lichtsäulen oder Bögen prismatische Farben zeigen. Ist dagegen die Atmosphäre hell und zeigt das Nordlicht ein ruhiges dichtes Licht von gelber Farbe, ohne Bewegung, so erleidet die Magnetnadel oft keine Einwirkung. Das dem Nordlichte zugewandte Ende der Nadel wird nach dem Punkte hingezogen, von welchem die Bewegung des Meteores ausgeht, und die Ablenkungen sind desto größer, je rascher die Bewegung ist. Die Wirkung ist dabei dieselbe, die Bewegung mag sich in einem niedrigen oder einem durch das Zenith gehenden Bogen fortpflanzen. Wenn übrigens Parry keine Einwirkung auf die Magnetnadel fand, so war nach den Bemerkungen von Richardson die Stärke und Höhe der Nordlichter wahrscheinlich an beiden Orten verschieden; dazu kommt, daß er nur Nordlichter von geringer Höhe sah, welche wenig Bewegung besaßen und nie prismatische Farben zeigten.

Um dieselbe Zeit hob Arago diesen Gegenstand zu verschiedenen Malen hervor; hatte die Magnetnadel in Paris ungewöhnliche Abweichungen gezeigt oder war sie sehr unruhig gewesen, so war meistens im Norden ein Polarlicht erschienen, und er war

72) Franklin Narrative p. 559.

73) Das. S. 586.

74) Poggendorff's Annalen XIV, 615.

dadurch im Stande, stets vorauszusagen, wann ein solches erscheinen mußte [75]). Dieser Satz, daß selbst solche Nordlichter, welche wegen ihrer geringen Höhe nicht über dem Horizonte erscheinen, auf die Magnetnadel einwirken, ist auch durch die Erfahrungen von Hansteen [76]) und Kupffer [77]) erwiesen worden. Obgleich durch diese Arbeiten die Thatsache festgestellt wurde, so machte doch Brewster [78]) mehrere Einwendungen dagegen, indem er sich auf die nicht völlig richtigen Behauptungen von Parry und Foster stützte, denen zufolge die Nordlichter im Hafen Bowen keinen Einfluß auf die Magnetnadel hatten. Ja Brewster behauptet sogar [79]), daß die Nordlichter diesen Erfahrungen zufolge in den Polargegenden einen beruhigenden Einfluß auf die Magnetnadel ausübten. Er vergleicht nämlich die Zahl der Nordlichter in den einzelnen Monaten mit den täglichen Variationen, und findet, daß im Januar und Februar, in deren jedem 14 Lichter erschienen, diese weit kleiner seyen, als im April und Mai, wo kein Nordlicht sichtbar war. Hier jedoch sind zwei Phänomene mit einander vermengt, von denen das eine die regelmäßigen, das andere die unregelmäßigen Variationen betrifft. Wenn übrigens ungewöhnliche Bewegungen der Magnetnadel mit Polarlichtern zusammentreffen, so wird Brewster's Ansicht zufolge dadurch nicht sowohl die magnetische Beschaffenheit der Lichtphänomene, als vielmehr die Ansicht erwiesen, daß beide von allgemeineren Ursachen abhängen, welche er mit heftigen Stürmen in Verbindung setzt.

Dieser innige Zusammenhang beider wird durch die Erfahrungen von Farquharson [80]) bestätigt, er glaubt aber auch nachweisen zu können, weshalb manche, selbst glänzende Nordlichter keine Spur von Einwirkung zeigen. Nur dann nämlich, wenn der Nordlichtsbogen in die Ebene der Neigung kommt, d. h.

75) Poggendorff's Annalen VII, 127. IX, 164. XII, 320. XVI, 138. Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 216.

76) Schweigger's Jahrb. N. R. XVIII, 353. Poggendorff's Annalen IX, 161.

77) Poggendorff's Annalen X, 545. XVI, 131.

78) Edinb. Journ. of Science VIII, 189.

79) Daſ. S. 198.

80) Phil Trans. 1830. S. 97.

Digitized by Google

wenn die verlängerte Neigungsnadel durch ihn hindurchgeht, zeigt sich diese Störung, und er glaubt, daß dieses stets der Fall gewesen seyn möge, wo unruhige Bewegungen der Declinationsnadel Statt fanden, obgleich ihre Lichtstärke vielleicht so schwach war, daß man sie nicht bemerkte. Zugleich glaubt er, daß der Nordpol von dem glänzendsten Ende der Lichtmasse angezogen werde, was jedoch nicht mit der Erfahrung von Humboldt übereinstimmt, welcher eine Abstoßung beobachtete.

Diese unruhigen Bewegungen der Magnetnadel werden ebenfalls durch das Nordlicht vom 7. Januar 1831 erwiesen [81]), indem in Christiansand, Siegen, Düren, Paris, Berlin und Falmouth [82]) eine große Schwankung der Nadel beobachtet wurde. Dabei ist es auffallend, wie in Berlin und dem südwestlichen England die Abweichung in denselben Momenten nahe übereinstimmte. Reduciren wir nämlich die von Fox zu Falmouth gemachten Beobachtungen auf Berliner Zeit, indem wir 1 Stunde 15 Minuten dazu addiren, und rechnen die Stellung an beiden Orten von einem willkührlich gewählten Meridiane, so ergeben sich folgende Größen:

Falmouth	Berlin
. . . . .	$6^h\,55'$ Abw. $1^\circ\,18'\,17''$ O
$8^h\,15'$ Abw. 0 . .	. . . . .
	8. 30 -- 0. 16. 12
	9. 15 -- 2. 54. 46
$9^h\,15'$ bis $9^h\,45'$ -- $1^\circ\,15'$ O	. . . . .
. . . . .	9. 22 -- 2. 50. 36
. . . . .	9. 32 -- 1. 43. 42
. . . . .	9. 34 -- 2. 5. 3
10. 0 -- 1. 10. O	10. 2 -- 1. 27. 56
10. 15 -- 0. 40. O	. . . . .
. . . . .	10. 20 -- 1. 26. 23
. . . . .	10. 22 -- 1. 18. 7
10. 35 -- 0. 20. O	. . . . .
. . . . .	10. 45 -- 0. 40. 43
11. 15 -- 0. 5. O	11. 15 -- 0. 19. 3

81) Poggendorff's Annalen XXII, 540.

82) Phil. Trans. 1831. S. 201.

Wir sehen also, daß von etwa $9\frac{1}{2}$ bis $11\frac{1}{4}$ Uhr die Nadel an beiden Orten in den Meridian zurückkehrt, nur scheint mir im Anfange der Erscheinung die Abweichung in Berlin etwas östlicher gewesen zu seyn, als in Falmouth, obgleich die Zeitbestimmung 8 bis $8\frac{1}{2}$ Uhr, wie sie Fox angiebt, etwas unsicher ist und die Berliner Beobachtungen zu dieser Zeit eine große Unruhe von mehr als einem Grade in 10 Minuten zeigen. Vergleichen wir dagegen die Beobachtungen um 10 und $11\frac{1}{4}$ Uhr, so geht die Nadel in dieser Zeit in Falmouth um $1^{\circ}\,5'$, in Berlin um $1^{\circ}\,8'$ nach Westen: Größen, welche so wenig von einander abweichen, daß ein geringer Fehler in der Zeitbestimmung Ursache der Differenz seyn kann.

Diese Thatsachen beweisen hinreichend den Zusammenhang der Abweichung mit dem Polarlichte; ohne dabei länger zu verweilen, möge die Bemerkung genügen, daß Kupffer[83]), Dove[84]) und Hansteen[85]) dasselbe durch gleichzeitige Beobachtungen erwiesen haben. Unentschieden aber bleibt es bei dieser Untersuchung noch immer, ob das Nordlicht und namentlich eine ungewöhnlich lebhafte Lichtentwickelung an einer Stelle eine anziehende oder abstoßende Kraft darauf ausübe. Eine jede nähere Lösung dieses Problems würde erfordern, daß gleichzeitig an einem großen Theile der Erde Magnetbeobachtungen gemacht würden, da es sehr wohl geschehen kann, daß der Nordpol der Nadel in einigen Gegenden nach Westen, in andern sehr entfernt liegenden nach Osten gehen kann, wie dieses besonders Dove sehr wahrscheinlich gemacht hat.

Nicht blos die Abweichung, sondern auch die Neigung ändert sich bei starken Nordlichtern mehr oder weniger, was zuerst von Wilcke[86]) nachgewiesen wurde. Die Neigungsnadel nämlich, welche bei den stärksten Nordlichtern so lange ruhig war, als der Mittelpunkt der Nordlichtskrone seine gewöhnliche Stelle einnahm, hat durch eine merkliche Veränderung von 10, 15, 20, ja

83) Poggendorff's Annalen XVIII, 611.

84) Das. XX, 333.

85) Das. XXII, 537.

86) Hansteen Untersuchungen I, 437. Schweigger's Jahrb N. R. XVI, 201.

60 Minuten zu erkennen gegeben, daß dieser Mittelpunkt wirklich einige Grade höher hinauf- oder weiter herabgerückt ist, und daß sich somit die Nordlicht- und Magnetrichtung zugleich geändert haben. Diese Thatsache ist in der Folge von Arago [87]), Erman [88]) und Kupffer [89]) bestätigt worden.

Endlich steht das Nordlicht auch mit der Intensität des Erdmagnetismus im Zusammenhange. Kurz vor Erscheinung des Nordlichtes kann letztere nach den Beobachtungen von Hansteen [90]) bis zu einer ungemeinen Höhe steigen; sobald aber das Nordlicht beginnt, nimmt sie in demselben Verhältnisse ab, in welchem das Nordlicht lebhafter wird, wobei sie nur langsam, oft erst nach Verlauf von 24 Stunden zu ihrem frühern Werthe zurückkehrt. Eben so fand Erman [91]) bei dem Nordlichte vom 7. Januar 1831 anfänglich eine große Stärke des Erdmagnetismus, welche aber im Laufe der Erscheinung allmählig abnahm. Eben diese Abnahme der Intensität nach dem Nordlichte haben auch Farquharson [92]), Fox [93]), so wie früher bereits Humboldt [94]) gefunden.

Durch alle Thatsachen, welche ich hier mitgetheilt habe, wird die Gleichzeitigkeit unregelmäßiger Bewegungen der Magnetnadel und der Polarlichter hinreichend erwiesen; bis jetzt läßt sich jedoch nur soviel sagen, daß eine Störung wirklich vorhanden ist; wie diese aber beschaffen sey, nach welcher Seite nämlich sich die Nadel bewege, läßt sich noch nicht entscheiden. Wir sind nicht im Stande das Phänomen ganz zu übersehen, da sich stets ein Theil der Lichtmasse unter dem Horizonte befindet, und so können an einer uns unsichtbaren Stelle lebhafte Lichtsäulen vorhanden seyn, welche auf die Magnetnadel weit stärker einwirken, als diejenigen, welche sich über dem Horizonte befinden. Die Sprün-

87) Poggendorff's Annalen XXII, 542.

88) Das. S. 544.

89) Das. XXV, 213.

90) Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 200. XVIII, 356.

91) Poggendorff's Annalen XXII, 544.

92) Phil. Trans. 1830. p. 105.

93) Das. 1831. p. 199.

94) Gilbert's Annalen XXIX, 425.

ge, welche die Magnetnadel macht, indem sie bald auf der einen, bald auf der andern Seite des Meridianes liegt, erinnern an die beständigen Wechsel positiver und negativer Electricität bei Gewittern, nur ist im letztern Falle die wirksame Ursache meistens nur auf den Horizont des Beobachters beschränkt, während die Bewegungen der Magnetnadel gleichzeitig auf einem großen Theile der Erde Statt finden.

Wir wenden uns zu den Ansichten, welche die Physiker über das Wesen der Nordlichter aufgestellt haben, und ich erwähne hier zunächst diejenige, welche Mairan [95]) sehr ausführlich entwickelte und in der Folge den Beifall von einer großen Zahl von Physikern erlangte. Er setzt das Phänomen mit dem Zodiakallichte in Verbindung, welches von Cassini zuerst entdeckt, in unsern Gegenden besonders um die Zeit der Aequinoctien nach dem Untergange oder vor dem Aufgange der Sonne in Gestalt eines hellen, der Milchstraße ähnlichen Lichtkegels über der Sonne im Thierkreise steht. Aeltere, von Mairan aufgezählte, so wie neuere Beobachtungen zeigen, daß dieses Licht zwischen den Wendekreisen weit häufiger und glänzender erscheine, als in höheren Breiten. Nach der Ansicht der Astronomen ist dieses Phänomen die Atmosphäre der Sonne, welche sich nach mehreren angestellten Messungen oft bis in die Erdbahn hinein erstreckt; wenn dann die Erde in diese Atmosphäre tritt, so fallen Theile derselben auf diese, werden durch die Schwungkraft nach den Polen hingetrieben und bleiben dort in derjenigen Höhe schweben, in welcher sie mit der Luft ein gleiches specifisches Gewicht haben. Die tieferen Schichten enthalten die gröberen nicht entzündeten Theile und bilden dadurch das dunkle Segment, so wie die schwarzen Nordlichtsstrahlen. Da die meisten Nordlichter in Europa ihren höchsten Punkt westlich von Norden haben, so nimmt Mairan an, daß die westliche Gegend der Erde, wegen ihrer Drehung von Westen nach Osten, am spätesten in die Sonnenatmosphäre eintritt, und daß sich der feine Stoff auf der östlichen Seite bereits hinreichend vertheilt hat, während er in Westen noch stark leuchtet.

---

95) Mairan Aurore boréale p. 228.

Bereits früher hatte sich eine große Zahl von Physikern, derer Ansichten Mairan sehr ausführlich mittheilt, bemüht, das Nordlicht theils aus in die Höhe gestiegenen und dann entzündeten Dünsten, theils durch die Reflexion der Sonnenstrahlen vom Polareise und Schnee abzuleiten. Was jene Ansichten über eigentliche Entzündung betrifft, so können wir sie um so mehr ganz übergehen, da der Ausdruck „entzündliche Dünste" in jenen Zeiten gar nichts bedeutete und sich doch vorzugsweise nur auf die schwefeligen Dünste bezog, welche auch Ursache der Gewitter seyn sollten. Was dagegen die Reflexion der Sonnenstrahlen vom Eise betrifft, so ist nicht zu begreifen, wie mitten im Winter eine solche möglich seyn und so weit sichtbare Nordlichter erzeugen kann.

Nachdem indessen das Wesen mehrerer brennbaren Gasarten näher erkannt worden war, wurde öfter die Ansicht ausgesprochen, daß das Nordlicht ein reiner Verbrennungsprozeß sey, und besonders war es Kirwan[96]), welcher diese Hypothese auszubilden suchte. Fäulniß, Vulkane und andere Ursachen erzeugen besonders in den Aequinoctialgegenden ungeheure Massen von Hydrogen, welches wegen seiner Leichtigkeit in die Höhe steigt, den Polargegenden zuströmt und dort durch electrische Funken entzündet wird. Diese Ansicht, welcher mehrere Physiker, wie Wynn[97]), Patrin[98]), Libes[99]) u. s. w. beistimmen, ist in neueren Zeiten besonders von Parrot[1]) ausgebildet worden, indem er dabei eine Verbrennung von Kohlenwasserstoffgas zum Grunde legt. Diese Luftart wird in großer Menge auf der Oberfläche der Erde entwickelt, und wenn unsere Eudiometer auch noch nicht die Gegenwart davon nachgewiesen haben, so liegt dieses in der Unvollkommenheit der Apparate. Dieses Gas, welches in der heißen Zone das ganze Jahr hindurch, in mittleren Breiten dagegen während einer Zeit von neun Monaten entwickelt wird, muß wegen seiner geringern Dichtigkeit schnell in

96) Gren's Journal IV, 87.

97) Phil. Trans. LXXIII, 128.

98) Biblioth. Britannique XLV, 89.

99) Journ. de Physique XXXVIII, 191.

1) Parrot Physik der Erde S. 495. Wrangel Phys. Beobachtungen S. 60 fg.

Digitized by Google

Höhe steigen und sich dabei in abgesonderten Portionen, je nach der Größe der Flächen, auf denen es gebildet wird, langsam erheben und also schon bei seinem Aufsteigen säulenförmige Gestalt annehmen. Haben diese Säulen eine bedeutende Höhe in der Atmosphäre erreicht, so werden sie von dem dort herrschenden Aequatorialstrome gegen die Pole getrieben und dort angehäuft. Da die Aequinoctialgegenden das Hydrogen während des ganzen Jahres, die mittleren Breiten dagegen nur während der warmen Jahreszeit hergeben, so wird es im Anfange des Winters in größter Menge vorhanden seyn, und dann müssen auch die Polarlichter am häufigsten seyn, wie dieses die Erfahrungen von Wrangel an den Küsten des sibirischen Eismeeres zu erweisen scheinen. Da ferner dieses Gas nicht chemisch rein ist, so wird es durch die große Kälte in den höheren Luftschichten theilweise condensirt und die Säulen sinken deshalb herab. Da endlich die von der Erde aufsteigenden Säulen sowohl in verticaler als horizontaler Richtung fortgetrieben werden, so erreichen sie die Polargegenden in etwas geneigter Lage, und zwar dergestalt, daß der obere Theil nördlicher liegt als der untere; durch die Winde wird dann die Säule häufig gekrümmt werden. Kommen Sternschnuppen in diese Gegend, so wird das Gas entzündet; da aber bei der Condensation des Kohlenwasserstoffgases die atmosphärische Luft größtentheils als nicht condensirbar ausgeschieden wurde, so wird die Verbrennung aus Mangel an Oxygen nur langsam an der Oberfläche geschehen und diese Massen daher noch längere Zeit fortleuchten. Kommen dagegen Säulen an, aus denen noch nicht alle atmosphärische Luft entfernt ist, so hat ihre Verbrennung große Aehnlichkeit mit der des Knallgases; es zeigt sich hier ein helleres Licht und man hört auch wohl ein Geräusch. Indem bei dieser Verbrennung die oberen Schichten der Atmosphäre erwärmt werden, steigen sie in die Höhe und die Luft muß sich von allen Seiten gegen den so gebildeten leeren Raum bewegen. Auf diese Art kommen neue Säulen und die Verbrennung dauert längere Zeit. Nach dieser Hypothese sind dann auch die Kronen keineswegs bloße optische aus den Gesetzen der Perspective folgende Erscheinungen. Es befindet sich nämlich da, wo sie entsteht, eine entzündliche Gasmasse, aus welcher die atmosphärische Luft ganz ausgeschieden worden und welche durch einen Zu-

Digitized by Google

fall von einer Säule getrennt wurde, ehe sie die Polargegenden erreichte. Ihre Entzündung geschieht durch eine lange Säule, welche mit dem einen Ende den Kern des Nordlichtes, mit dem andern diese isolirte Masse berührt; letztere wird dann nicht blos entzündet, sondern, da wir es mit einer Verpuffung zu thun haben, wird sie kreisförmig zerstreut und so der Ring gebildet.

So vielen Scharfsinn Parrot auch darauf gewendet hat, diese Erscheinung bis ins kleinste Detail zu verfolgen, so bezweifle ich doch, daß sie naturgemäß sey. Wenn wir gleich die größere Häufigkeit der Nordlichter im Anfange des Winters daraus herleiten können, so sind wir doch nicht im Stande, die Zunahme ihrer Häufigkeit im Frühlinge darnach zu erklären [2]); außerdem hat Muncke [3]) besonders darin einen Einwurf gefunden, daß die Condensation des Hydrogenes durch Kälte noch nicht erwiesen sey, ja es hätten in den Polargegenden, wo Franklin und Parry so lange verweilten, bei der sehr geringen Temperatur oft Massen dieses Gases bis in die Nähe der Erde gelangen und sich hierdurch Explosionen zu erkennen geben müssen.

So schwierig es auch ist, eine genügende Erklärung aller Umstände zu geben, welche beim Nordlichte sich zeigen, so scheint es doch beim jetzigen Zustande unserer Kenntnisse mehr als wahrscheinlich, daß das Phänomen ein electromagnetisches sey, was nicht blos durch die gewöhnliche Lage der Nordlichter, sondern auch durch die während ihres Erscheinens beobachteten Variationen in der Richtung und Stärke der Resultirenden des Erdmagnetismus erwiesen zu werden scheint. Zwar stellte bereits Halley [4]) im Jahre 1716 die Ansicht auf, daß das Polarlicht ein rein magnetisches Phänomen sey, allein so häufig dieselbe auch in der Folge wiederholt ist, so war doch jede Spur einer Lichtentwickelung durch magnetische Kräfte unbekannt, bis Oersted und Faraday in neueren Zeiten einen ganz andern Gesichtskreis eröffneten.

---

2) Allgemeine Lit. Zeitung 1828. Nr. 30.

3) Gehler's Wörterbuch N. A. VII, 246.

4) Phil. Trans. Nr. 341.

Digitized by Google

Die electrische Natur des Nordlichtes wurde besonders von Canton [5]) ausgesprochen, indem er die Aehnlichkeit des electrischen Lichtes im luftleeren Raume mit unserm Meteore verglich, und diese Ansicht wurde von einer großen Menge von Physikern, welche Muncke [6]) specieller anführt, mit Beifall aufgenommen. Darnach sollte die Electricität am Nordpole von einer Wolke zur andern strömen und hier insbesondere durch den Wechsel von Wärme und Kälte erzeugt werden. Bergmann [7]) setzte diese electrische Hypothese mit der von Mairan in Verbindung, indem er glaubte, daß die herabfallenden Theilchen auf ihrem Wege electrisch würden, und daß die Verschiedenheit der Wärme und dadurch entstandene ungleiche Electricitäten Ursache wären, daß das Flattern von Nord nach Süd ginge, daß aber die schwarzen Streifen, so wie das dunkle Segment von fallenden Theilchen herrührten, welche nicht gleich angezündet würden.

In neueren Zeiten bemühten sich besonders Biot [8]), Dalton [9]) und Hansteen [10]) die Hypothese über den magnetischen Ursprung des Nordlichtes auszubilden. Nach allen drei Ansichten besteht es aus Säulen, welche der Inclinationsnadel parallel aufsteigend, die beschriebenen Phänomene hervorbringen. Nach Dalton bestehen diese Säulen aus magnetischer Materie, welche aber nicht selbst leuchtend ist, sondern erst durch die hindurchströmende Electricität ihr Licht erlangt. Nach Biot dagegen sind die Nordlichter eigentliche Wolken, welche aus Norden kommen und aus feinen Theilchen bestehen, die vom Erdmagnetismus gerichtet werden. Aller Wahrscheinlichkeit nach bestehen sie daher aus metallischen Dämpfen, die dann ihrer Natur nach die Electricität aus den höheren Luftschichten herabführen und dadurch leuchtend werden: eine Ansicht, mit welcher die von Ideler [11]) nahe zusammenfällt. Hansteen hat sich über das

5) Phil. Trans. XLVIII, 356. LI, 403.
6) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 239.
7) Physische Beschreibung der Erdkugel II, 85.
8) Gilbert's Annalen LXVII, 1.
9) Meteorological Essays p. 54.
10) Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 188. XVIII, 361.
11) Jul. L. Ideler Ursprung der Feuerkugeln u. d. Nordlichtes S. 76 fg.

Digitized by Google

Wesen dieser Säulen nicht näher ausgesprochen. Die Materie des Nordlichtes bekommt ihre leuchtende Eigenschaft nicht eher, als bis sie weit außerhalb der Atmosphäre ist; während sie durch die letztere hindurchströmt, scheint sie vielmehr die Luft undurchsichtig zu machen, woher es kommt, daß der Himmel oft binnen wenigen Minuten wie mit einem undurchsichtigen Schleier überzogen und in eben so kurzer Zeit wieder völlig klar wird, was nach Hansteen wahrscheinlich daher rührt, daß die Materie des Nordlichtes die in völlig durchsichtigem Zustande in der Luft aufgelösten Wasserdämpfe ausscheidet. Hieraus müssen wir auch die schwarzen Nordlichtsstrahlen herleiten.

Muncke [12]) glaubt, daß das Meteor ein thermo-electromagnetisches sey, und daß man nicht den gewöhnlichen Magnetismus des Stahles als Ursache annehmen könne, weil hiedurch keine Lichterscheinung hervorgerufen werde, wobei ich bemerken muß, daß zur Zeit, wo diese Arbeit erschien, *Faraday's* Untersuchungen noch nicht bekannt oder doch nur kurz vorher erschienen waren. Er glaubt, daß die Erde nothwendig ein Thermo-electromagnet werden müsse, weil die alle 24 Stunden um dieselbe laufende Sonne hinlängliche Wärme erzeugt, um freie Electricität zu erzeugen und das electrische Gleichgewicht aufzuheben. Indem diese Erwärmung von Osten nach Westen erfolgt und hiedurch positive Electricität erzeugt wird, mithin ein positiv electrischer Strom in dieser Richtung die Erde umkreist, muß den electromagnetischen Gesetzen angemessen im astronomischen Norden ein südlicher Pol erzeugt werden, wofür wir indessen wegen der Vertheilung von Land und Meer zwei Pole finden. Diese thermo-electrische Erregung findet auf der ganzen Erdoberfläche Statt, sie wird aber durch die großen Wasserstrecken geschwächt und ist daher auf der südlichen Halbkugel am geringsten, indem sie hauptsächlich nur durch die weit auslaufende Spitze von America, die Massen des südlichen Polareises und die den Südpol umgebenden Inseln oder vielleicht dort vorhandenen Continente bedingt wird. Man könnte allerdings glauben, daß dieser Ansicht zufolge die Nordlichter in allen Gegenden gleich zahlreich erscheinen müßten, indessen meint Muncke, dieser Einwurf lasse sich leicht widerlegen.

12) Gehler's Wörterb. N. A. VII, 360.

Digitized by Google

An allen solchen Orten nämlich, wo die Herstellung des electrischen Gleichgewichtes durch Gewitter Statt findet, und zu denjenigen Zeiten, wenn letzteres geschieht, ist die Entstehung des Nordlichtes unmöglich: ein Satz, welcher durch den nahen Zusammenhang dieser beiden meteorischen Phänmene noch außerdem eine bedeutende Stütze erhält, und die Nordlichter sind nur in denjenigen Gegenden einheimisch, wo keine Gewitter zu Stande kommen, oder sie sich, falls dieses ausnahmsweise einmal geschehen ist, durch bloße Blitze ohne Donner entladen, folglich gleichsam einen Uebergang zu den Nordlichtern bilden.

Indem die Oberfläche der Erde durch den täglichen Temperaturwechsel electrisch erregt wird, behält die Erdkruste an denjenigen Orten, wo die electrische Neutralisation durch den Wechsel von Verdampfung und Niederschlag nicht in unbestimmten, meistens nur kurzen, Zeitintervallen aufgehoben und wieder hergestellt wird, diesen electrischen, den Magnetismus der Erde erzeugenden Zustand eben so eine Zeitlang bei, als dieses bei jedem von trockener Luft umgebenen Körper der Fall ist, und die hiernach täglich wiederkehrende Erregung und die Rückkehr zum Gleichgewichte, wie sie durch den regelmäßigen Wechsel der Erwärmung bedingt wird, ist Ursache der täglichen Variationen der Magnetnadel. Die auf der Erdoberfläche erregte Thermelectricität ist allerdings nicht stark, sie könnte sogar so schwach seyn, daß ihre Repulsivkraft das Blattgold-Electrometer zu bewegen nicht vermöchte, und dennoch würde, andern zahllosen Erfahrungen gemäß, hieraus kein Einwurf gegen die Behauptung hervorgehen, daß sie die Erde zu einem großen Magneten macht. Betrachtet man ferner die Erde als einen electrisch erregten Körper, wobei in Gemäßheit der durch Coulomb und Poisson aufgefundenen Bestimmungen die Electricität auf diesem großen Körper auf gleiche Weise und aus gleichen Gründen als bei jedem geladenen Leiter sich nur auf der Oberfläche aufgehäuft befinden kann, so muß sich ein electrischer Wirkungskreis bilden. Dieser kann jedoch nicht diejenige Gestalt haben, welche bei kleineren Conductoren der Form dieser letzteren correspondirt: ein Umstand, welcher aus der unverhältnißmäßigen Größe des Erdkörpers und aus den auf demselben Statt findenden ungleichen Erregungen, mitunter auch Unterbrechungen der electrischen Erregung, leicht

Digitized by Google

erklärbar wird, vielmehr können wir blos aus seiner Wirkung, wie sich dieselbe in der Erzeugung der beiden magnetischen Pole zeigt, auf diese Form schließen. Nehmen wir dieses als genugsam beweisendes Argument an, so muß zwar diese Atmosphäre überall die Erdoberfläche berühren, jedoch so, als würde sie durch die Windungen eines die Electricität leitenden und um einen Körper gewundenen Drahtes erzeugt, dessen Axe auf die Richtung der Inclinationsnadel perpendiculär wäre, weil ein solcher den magnetischen Pol an derjenigen Stelle erregen würde, wo wir denselben auf der Erde wahrnehmen. Wenn dann dieser electrische Wirkungskreis eine Vertheilung der Electricität in der umgebenden Atmosphäre bewirkt, so kann dieses zwar unordentlich nach allen Seiten hin geschehen, im Allgemeinen aber wird man leicht begreifen, daß es in Richtungen geschehen muß, welche der Neigungsnadel parallel laufen, worin dann der Erklärungsgrund liegt, daß die Nordlichtsstrahlen zwar nicht ganz scharf und ohne Ausnahme, allerdings aber der Regel nach gleichfalls diese Richtung annehmen. Eine feuchte Atmosphäre muß diese regelmäßig gerichteten, bis zu ungleichen Höhen sich erhebenden electrischen Vertheilungen stören und aufheben, überwiegende Trockenheit der Luft wird sie dagegen befördern. Wenn aber sehr feiner Dunst in der Atmosphäre aufsteigt, gesetzt auch, derselbe sey so ausnehmend dünn, daß er die Luft kaum oder auf jeden Fall nicht merklich trübt, so muß die electrische Vertheilung sich auch auf diesen erstrecken und ihn selbst electrisch machen, und hierin liegt die Ursache, warum eine dunstige Atmosphäre und höchst feines Gewölk unzweifelhaften Erfahrungen gemäß die Bildung der Nordlichter begünstigen, welches sich bis zu einem Grade erstreckt, vermöge dessen sie zuletzt in wirkliche Gewitter übergehen. Hieraus entstehen dann zugleich die einzelnen sich erhebenden, mitunter selbst vom Winde bewegten Lichtwolken, die kaum bei irgend einem größeren Nordlichte fehlen; auch wird kein aufmerksamer Beobachter in Abrede stellen, daß die vielen, überall am Himmel verbreiteten, in röthlicher Farbe sich zeigenden, erleuchtenden Massen nichts anders als höchst feine, von den eigentlichen electrisch leuchtenden Nordlichtsstrahlen nach Art der Abendröthe erhellte Wölkchen sind.

Aus

Aus den eben entwickelten Sätzen leitet Muncke auch die meisten Einzelheiten bei diesem Phänomene ab. Da die electrische Erregung über die ganze Erde, mindestens bis nahe an die magnetischen Pole, in den meisten Fällen nicht völlig bis zu denselben, nur in sehr seltenen aber bis darüber hinaus Statt findet, so können die Nordlichter auch innerhalb dieser Gränze erzeugt werden, nur nicht da, wo die Feuchtigkeit der Atmosphäre als Hinderniß auftritt, die kleinen und niedrigeren müssen blos da häufig zum Vorscheine kommen, wo die Bedingungen hiezu günstig sind, die größeren, eben daher höheren und zugleich seltneren werden sich weiter nach Süden erstrecken, sie können durch eine größere oder geringere Anzahl von Breitengraden sichtbar seyn, und auf gleiche Weise innerhalb weniger Längengrade beschränkt seyn oder sogar auch die ganze, um beide magnetische Pole laufende Nordlichtszone zu gleicher Zeit umfassen. Ferner können sie der Erde näher oder weiter von ihr entfernt seyn, je nachdem die electrisch gewordenen Dunstpartikelchen sich mehr oder weniger erheben, sie müssen unter niederen Breiten wegen der durch Kälte bedingten Trockenheit der Luft in der Regel höher seyn, auf jeden Fall aber können sie die Erde nicht unmittelbar berühren, weil sonst eine Herstellung der electrischen Neutralisation erfolgen und somit die Bedingung ihres Entstehens aufgehoben seyn würde.

Hieraus ergiebt sich denn auch der Einfluß, welchen die Nordlichter auf die Abweichung der Magnetnadel ausüben. Die auf der nördlichen Halbkugel Statt findenden Abweichungen entstehen nämlich durch den Einfluß der Anziehung, welchen jeder der beiden vorhandenen Pole auf die Nordspitze der Magnetnadel ausübt, und dieser bleibt sich gleich, so lange sich die thermelectrische Erregung nicht ändert. Sobald aber die der ganzen Theorie als Grundlage dienende electrische Spannung durch einen Uebergang der Electricität von der Erdoberfläche zur Atmosphäre Statt findet, muß eine Schwächung des tellurischen Thermelectromagnetismus eintreten und dadurch nicht blos die Stärke der magnetischen Anziehung überhaupt, sondern auch die Anziehung des concernirenden Poles insbesondere abnehmen. Erhebt sich also das Nordlicht für unsere Meridiane am westlichen magnetischen Pole, so wird die Nordspitze der Magnetnadel östlich gelenkt oder scheinbar durch das Nordlicht abgestoßen und so umgekehrt, beide

Verminderungen gleichen sich aber zu 0 aus. Ohne die möglichen Modificationen einzeln aufzuzählen, wird es genügen, daß in Uebereinstimmung mit Arago's zahlreichen Beobachtungen für gleiche Breitengrade, insbesondere wenn die Orte den magnetischen Polen nicht zu nahe liegen, nicht sowohl die Nähe des Nordlichtes, als vielmehr dessen Stärke und die durch dasselbe bewirkte Aufhebung des tellurischen Magnetismus die Größe der Schwankungen bedingt. Alles dieses gilt jedoch zunächst nur von der Abweichungsnadel, deren Richtung und Stärke entschieden durch die ganze Summe der vom Aequator bis nach den Polen hin wirksamen thermelectromagnetischen Erregungen bedingt wird. Wenn dagegen die Neigungsnadel gleichzeitig mehr durch die örtlichen thermelectromagnetischen Erregungen afficirt wird, so könnte deren Stärke vermehrt werden, wenn die weiter nach Norden liegenden magnetischen Kräfte der Erde eine Schwächung erleiden. Eben so folgt, daß in der Nordlichtszone selbst die Abweichung der Declinationsnadel am wenigsten regelmäßig seyn muß, weil dort die bedingenden Ursachen so nahe liegen, daß sie auf zwei nicht sehr entfernte Nadeln ungleich wirken können.

Moser hat zwar keine ausführliche Entwickelung seiner Ansicht über die Natur des Nordlichtes gegeben, er setzt sie aber ebenfalls mit seiner früher entwickelten Hypothese über die Phänomene des Erdmagnetismus in Verbindung [13]). „Vergebens, so lauten seine Worte, geht man die Electricität um eine Aushülfe an. Sie wirkt nicht auf die Nadeln, sie bleiben ruhig im Gewitter, auch hat man im hohen Norden während des Nordlichtes Electrometer untersucht und keine Wirkung darauf wahrgenommen. Es ist also unphysikalisch, zu behaupten, die Aurora borealis sey ein physikalisches Phänomen. Viel gegründetere Aussichten bietet der Funke dar, den Faraday gelehrt hat, aus allen Körpern in dem Augenblicke zu locken, wo sie magnetisch werden."

Ich habe einige der wichtigsten Hypothesen über das Wesen des Nordlichtes mitgetheilt, glaube aber, daß wir seine Entstehung noch nicht hinreichend kennen. Das Phänomen ist so großartig, daß alle Beobachtungen, welche bisher gemacht sind, uns

13) Königsberger Vorträge I, 231.

nur einen Theil davon übersehen lassen. Erwägen wir, daß dem früher Gesagten zufolge Südlichter häufig mit Nordlichtern verbunden sind, daß lebhafte Nordlichter gleichzeitig in Paris und Peking oder in Paris und den Vereinigten Staaten, hier so wie im Innern von Rußland gesehen werden, dann müssen wir eine jede Idee aufgeben, welche das Phänomen blos zu einem großen Gewitter macht. Wir haben es hier mit einer großen Lebensäußerung unseres Erdkörpers zu thun, deren Wirkungen oft mehrere Tage vor dem Auftreten der Lichterscheinung sichtbar sind. Dieses zeigt aufs entschiedenste die Magnetnadel, welche gewöhnlich längere Zeit vorher etwas weiter nach Westen oder Osten geht, als es die regelmäßigen Bewegungen derselben erfordern würden; dieses beweist die vermehrte Intensität des Erdmagnetismus. Es ist im hohen Grade wahrscheinlich, daß diese gesteigerte Lebensthätigkeit in einer anomalen, der Jahreszeit nicht entsprechenden Vertheilung der Wärme ihren Grund hat. Es scheint mir dieses durch die nicht vollständig widerlegte Behauptung mehrerer Beobachter erwiesen zu werden, denen zufolge Nordlichter gleichzeitig mit heftigen Stürmen sind; durch das, was ich früher bei wenigen Nordlichtern nachgewiesen habe, daß nämlich zur Zeit ihres Erscheinens einige Gegenden der Erde ungewöhnlich warm, andere ungewöhnlich kalt sind; daran schließt sich ferner die aus Cassini's Beobachtungen (S. 439) hergeleitete Thatsache, daß die Magnetnadel selbst im Durchschnitte eines Monates eine von der normalen abweichende Stellung erhält, wenn die Temperatur des entsprechenden Monates bedeutend von der ihm zugehörigen mittlern abweicht, so wie der von mir nachgewiesene Einfluß der verschiedenen Winde auf die Abweichung. Alle diese Thatsachen machen es mehr als wahrscheinlich, daß die Vorboten des Nordlichtes bereits mehrere Tage vor dem Sichtbarwerden des Lichtes zu erkennen sind, eben so wie man nicht selten schon am frühen Morgen die Vorbereitung zu einem Gewitter bemerkt, dessen Explosionen sich erst am Abend zeigen.

Indem auf diese Art die Stärke und Richtung des Erdmagnetismus bedeutend geändert wird, wird das Gleichgewicht endlich aufgehoben, es zeigt sich dabei der Funke, welchen wir wahrnehmen, wenn der gehörig zubereitete Anker eines Magneten abgerissen wird. Dieser Funke wird sich besonders da zeigen,

wo wir den Mittelpunkt aller einzelnen Kräfte finden, d. h. in der Nähe der Magnetpole. Ich glaube, daß es hiernach nicht schwer ist, zu begreifen, wie Nordlichter, die nur in einem kleinen Raume sichtbar sind, weithin auf die Magnetnadel wirken können. Es ist nach einer sehr richtigen Bemerkung von Dove[14]) das Nordlicht nicht als die äußere Ursache der Bewegung der Nadeln anzusehen, sondern als eine Weise der in den Aenderungen der Declination sich nur auf andere Art äußernden, dem Erdkörper als solchen angehörenden Störung. Was die Nadeln auf einem weiten Raume instantan in Bewegung setzt, mag da leuchtend hervorbrechen, wo die Störung der magnetischen Vertheilung am gewaltsamsten ist.

Ich halte es dem Gesagten zufolge sogar für sehr möglich, daß solche Bewegungen der Magnetnadel Statt finden können, ohne daß eine Spur der Lichterscheinung vorhanden ist, das magnetische Gleichgewicht kann hergestellt werden, ohne daß ein Funke erscheint. Ich stütze mich hier aufs neue auf die Analogie mit dem Gewitter. Wolkenbildung, Electricität und alle übrigen Umstände sind nicht selten so beschaffen, daß wir in jedem Momente eine Explosion erwarten dürfen, aber in der Stille lösen sich die Wolken auf, sie verschwinden ohne Entladung und ohne daß ein Tropfen herabfällt.

Die Gegenden, in denen die magnetischen Convergenzpunkte liegen, begünstigen die Erscheinungen des Lichtes in den höheren Regionen, vorzugsweise wegen der größern Stärke des Erdmagnetismus, es mögen aber auch noch andere Umstände dazu kommen. Besonders scheinen dabei schwache Nebel wirksam zu seyn. Dieses ist nicht blos die Meinung von Hansteen, welcher die Polarlichter mit den Nebeln jener Regionen in Verbindung setzt, sondern es wird auch durch die mehrfach genannten Erfahrungen von Argelander, Farquharson, Franklin, Frobesius, Gißler, Richardson, Thienemann, Wrangel und Andern erwiesen. Der Funke, welcher in den höheren Schichten der Atmosphäre leuchtend erscheint, wird besonders dann sehr hell, wenn er von einem Dampfbläschen zum folgenden überspringt, eben so wie der electrische Funke im Recipienten

14) Poggendorff's Annalen XX, 341.

der Luftpumpe; den Erfahrungen von Davy zufolge, einige Dämpfe erfordert. Und so wie wir hier je nach dem verschiedenen Grade der Verdünnung und der Stärke der Electricität mehr oder minder lebhafte Farben erkennen, so auch bei dem vorliegenden Phänomene. Eben so wie bei dem künstlichen Versuche in der Regel nur starke Electricität gefärbt erscheint, so sind es auch nur lebhafte Nordlichter; diese Färbung mag den Nordlichtsstrahlen als solchen eigenthümlich seyn, es ist aber auch möglich, daß sie noch dadurch erhöht wird, daß die zum Auge kommenden Lichtstrahlen eben so eine Art Beugung an den Dampfbläschen erleiden, als wir dieses bei den Lichtkränzen um Sonne und Mond wahrnehmen.

So scheint sich der Funke vom Nordpol zum Südpol zu bewegen, aber indem er vorwärts geht, zertheilt er sich in viele Aeste; es ist ein Strahlenbündel, ähnlich demjenigen, welchen wir bemerken, wenn wir an dem Leiter der Electrisirmaschine einen dünnen Cylinder befestigen; er wird wegen seiner geringen Ausdehnung in niederen Breiten unsichtbar, erst da, wo am Südpole aufs neue eine Concentration Statt findet, bemerken wir das Licht wieder. Es ist indessen auch möglich, daß hier ebenfalls eine Ausstrahlung Statt findet, eben so wie wir an den Spitzen, welche wir an beiden Seiten einer Leidener Flasche befestigen, isolirte Lichtbüschel wahrnehmen.

Indem aber auf diese Art eine Entladung erfolgt, indem die Hindernisse, welche sich der letztern widersetzen, überwältigt werden, so werden die Intensität und Richtung der Resultirenden des Erdmagnetismus dadurch geändert; jene nimmt ab, und erst nach einiger Zeit erreicht sie wieder ihre frühere Größe, langsam nur kehrt die Declinationsnadel in den mittlern Meridian zurück, ja es geschieht auch wohl, daß sie Wochen hindurch eine Verrückung von einigen Minuten anzeigt. Es kann aber auch geschehen, daß die Abweichungsnadel zur Zeit von Nordlichtern fast unverrückt steht; es ist möglich, daß der americanische, so wie der sibirische Pol mit gleicher Aenderung auf die Nadel wirken, und indem beide Componirende einen gleichen Verlust erleiden, bleibt die Richtung der Resultirenden dieselbe, während sich wahrscheinlich nur ihre Intensität ändert. Es ist aber zu bezweifeln, daß diese Ruhe auf der ganzen Erde Statt findet, da wir

bereits mehrere Nordlichter kennen, mit denen die Magnetnadel in einigen Gegenden der Erde nach Westen, in andern sehr entfernten nach Osten ging, so daß sie wahrscheinlich in andern Gegenden ruhig stand. Diese noch längere Zeit fortdauernde Schwächung des Erdmagnetismus erinnert an die analoge Abnahme der Tragkraft eines Magneten, von welchem der Anker losgerissen wurde, indem diese anfänglich geschwächt erst nach einiger Zeit ihren frühern Werth wieder erlangt.

Bis jetzt ist es noch nicht möglich, diese Hypothese genauer zu beweisen; es fehlt noch ganz an Beobachtungen der magnetischen und thermischen Elemente, welche die ganze Erde umfassen, und daher will ich es nicht versuchen, dieselbe auf viele Nebenumstände anzuwenden. Sollte sie aber naturgemäß seyn, so würde sich daran vielleicht noch die Thatsache anschließen, welche man öfter angeführt hat, daß die Erdbeben einen Einfluß auf die magnetischen Elemente haben. Die erste Erfahrung dieser Art machte Humboldt bei dem Erdbeben, welches am 4. November 1799 in Cumana Statt fand [15]). Die Neigung war kurz nach seiner Ankunft an der Küste des neuen Continentes 43°,53 der Centesimaltheilung und einige Tage vor dem Erdbeben war er eifrig damit beschäftigt, dieses Resultat zu verificiren. Am 1. November fand er 43°,65 als ein Mittel von vielen mit großer Sorgfalt angestellten Messungen. Am 7. November, also drei Tage nach den heftigsten Stößen des Erdbebens, betrug sie nur 42°,75, aber sie behielt diesen Werth auch bleibend. Ein Jahr später, wo Humboldt vom Orenoco zurückgekehrt war, ergab sich eine Neigung von 42°,80. Die Intensität des Erdmagnetismus hatte vor und nach dem Erdbeben denselben Werth, und eben dieses scheint von der Declination zu gelten. Es ist, fährt Humboldt fort [16]), wohl möglich, daß Erdbeben und Aeußerungen der vulcanischen Thätigkeit Aenderungen in der Vertheilung der Kräfte bewirken können, welche in großer Tiefe liegend auf die Magnetnadel einwirken. Zu bemerken ist indessen, daß sich in den Cordilleren von Quito und an den Küsten von Peru häufig Erdbeben zeigten, ohne daß dabei die geringste Einwirkung

15) Humboldt Voyage III, 23.

16) Daf. p. 29.

auf die Neigung der Magnetnadel erkannt wurde. Es scheint mir sehr schwierig, einen genügenden Grund für diese fast einen Grad (49′) betragende bleibende Aenderung der Neigung anzugeben.

Auch späterhin will man bei dem Erdbeben, welches am 23. Februar 1828 in den Rheingegenden Statt fand, eine Störung der Magnetnadel beobachtet haben [17]), obgleich anderweitige Beobachtungen, welche Egen mittheilt [18]), keineswegs zu dieser Ansicht berechtigen, da sie sich vielleicht aus der Erschütterung der Unterlagen herleiten lassen. Eben so wenig bemerkte Erman [19]) bei einem Erdbeben zu Irkutzk am 8. März 1829 den geringsten Einfluß auf die Abweichung. Obgleich es also wohl möglich wäre, daß Erdbeben, welche wahrscheinlich eine Veränderung in der Vertheilung der Wärme im Innern der Erde zur Ursache oder Folge haben, auf die Magnetnadel einwirken können, so ist ihr Einfluß wenigstens noch nicht hinreichend erwiesen, um darüber genauere Bestimmungen zu geben.

Aus demjenigen, was ich über die Entstehung des Nordlichtes gesagt habe, ergiebt sich die jährliche Periode von selbst. Zur Zeit beider Aequinoctien, wo die Temperatur der einen Halbkugel am schnellsten steigt, die der andern dagegen am schnellsten sinkt, wird eine ungleiche Vertheilung der Wärme und damit des Magnetismus am häufigsten Statt finden und das gestörte Gleichgewicht sich mit Gewalt als Lichterscheinung wieder herstellen. Aber so leicht es ist, diese jährliche Periode für die Polarlichter anzugeben, eben so schwierig wird es, etwas Genügendes über die große Periode der Nordlichter zu sagen. Warum erscheinen dieselben eine Reihe von Jahren so häufig und sind dann lange Zeit fast gar nicht sichtbar? Ist etwa die Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche nicht constant? Zeigt sich in der Abweichung der Isothermen von ihrer mittleren Lage, in den Schwankungen der Temperatur um ihren mittlern Werth eine bestimmte Periode? Diese und eine Menge ähnlicher Fragen müssen erst beantwortet werden, ehe wir im Stande sind, das vorliegende

17) Poggendorff's Annalen XII, 331.

18) Das. XIII, 162.

19) Das. XVI, 153.

Phänomen zu beantworten. Man hat allerdings mehrfach die Häufigkeit der Nordlichter in einzelnen Perioden mit der Aenderung in der Abweichung in Verbindung gesetzt, aber vergessen dürfen wir nicht, daß diese Aenderungen selbst local sind. Wir haben früher gesehen, daß die Nadel gleichzeitig in einigen Gegenden der Erde im Laufe der Jahre nach Westen, in andern nach Osten geht und in andern zwischenliegenden Punkten stille steht. Bewegungen, welche wir im Westen von Europa wahrnehmen, finden nicht auf der ganzen Erde eben so Statt, und es ist also wenig wahrscheinlich, daß hierin der Grund des Phänomenes liege.

Indem wir uns genöthigt sehen, die Beantwortung dieser Frage der Zukunft zu überlassen, wenden wir uns zu dem letzten Punkte, welcher bei der vorliegenden Untersuchung über den Erdmagnetismus zu berücksichtigen ist, nämlich den Säcularänderungen in der Stellung der Magnetnadel. Auch hier können wir bis jetzt nur einzelne Andeutungen geben, da wir noch nicht das mathematische Gesetz der Erscheinung hinreichend erkannt haben. Wir dürfen wohl kaum noch beim jetzigen Zustande unserer Kenntnisse die Ansicht verfechten, daß sich im Innern der Erde eigentliche magnetische Axen befinden, welche sich mit gegebener Geschwindigkeit nach bestimmten Richtungen drehen; es ist vielmehr sehr wahrscheinlich, daß der Grund dieser Aenderungen in klimatischen Verhältnissen liege. Moser, dessen Ansichten über das Wesen des Erdmagnetismus ich früher mitgetheilt habe, hat auch dieses Problem auf folgende Art aufzulösen gesucht [20]).

Gehen wir von der Vorstellung aus, daß die Dicke der magnetischen Schicht einige Tausend Fuß betrage und daß der Verlust, welcher die magnetische Intensität durch 1° C. erleidet, $\frac{1}{37}$ betrage (S. 400), so zeigt eine genauere Untersuchung, daß keine sehr bedeutenden Aenderungen der Temperatur erforderlich sind, um die Variationen des Magnetismus zu bestimmen. Es scheint nämlich, als ob die jährliche Temperatur nicht so constant sey, als man gewöhnlich anzunehmen pflegt. Denn wenn man die meteorologischen Register, auch nur der neuesten Zeit, betrachtet, so findet man überall große Differenzen; ja selbst

20) Poggendorff's Annalen XXIII, 279. XXXIV, 281.

wenn man mehrere Jahre mit einander vereinigt, so zeigen sich stets noch Differenzen. Nehmen wir Differenzen von wenigen Graden an, so sind diese im Stande die Declination um 20° zu verändern, wofern sie nur in einer großen Ausdehnung Statt finden. Um dieses auszumitteln, bestimmen wir die Anziehung eines Stückes der Kugel, auf einer der beiden Seiten des Meridianes liegend, mittelst der oben (S. 398) gegebenen Formeln (A). Auf der andern Seite desselben giebt ein ähnliches Stück dieselbe Anziehung, mit demselben Zeichen für H und dem entgegengesetzten für S. Diese letztere Anziehung senkrecht auf den Meridian gerichtet, wäre also durch beide Stücke zusammengenommen $= 0$ und es würde durch sie keine Abweichung von dem Meridiane bewirkt werden. Sind aber beide Stücke ungleich warm, und ihre Intensität also verschieden, so kann man dem einen die magnetische Vertheilung: $c \sin \varphi$, dem andern: $\sin \varphi$ geben, und dann wird natürlich für jeden Werth von c eine bestimmte Declination Statt finden, oder, was dasselbe ist, jeder gegebenen Declination wird ein bestimmter Werth von c entsprechen. Es sey h die Anziehung eines solchen Stückes, nach dem Meridiane zerlegt, s nach der darauf senkrechten; es seyen ch und cs dieselben Größen für das andere Stück, so ist die Anziehung beider nach dem Meridiane $= h(1+c)$ und senkrecht darauf $= s(1-c)$. Ist D die durch beide Kräfte hervorgebrachte Declination, so ist

$$\text{tang } D = \frac{s(1-c)}{h(1+c)}$$

$$c = \frac{s - h \text{ tang } D}{s + h \text{ tang } D}$$

Man setze in (A)

$\eta_1 = 10°$, $\eta = 100°$	dann	$h = 0{,}3376$
$\alpha_1 = 30$, $\alpha = 120$		$s = 0{,}5351$
$\eta_1 = 5$, $\eta = 100$		$h = 0{,}4520$
$\alpha_1 = 30$, $\alpha = 120$		$s = 0{,}9030$
$\eta_1 = 30$, $\eta = 100$		$h = 0{,}8230$
$\alpha_1 = 30$, $\alpha = 120$		$s = 2{,}2337$

Setzt man $D = 20°$, so wird c im ersten Falle $= 0{,}6265$, im zweiten $= 0{,}6918$, im dritten $= 0{,}7635$. Giebt man

Digitized by Google

ferner diesen Coefficienten die Form $(1 - \frac{1}{3\frac{1}{7}}t)$, wo t die Temperatur nach der hunderttheiligen Scale bezeichnet, so wird $t = 13^{\circ},5$, $= 11^{\circ},1$, $= 8^{\circ},6$, das heißt, das östlich liegende Stück braucht nur um $6\frac{1}{4}$, um $5\frac{1}{2}$ und um $4\frac{1}{3}$ Grad an Wärme zuzunehmen, damit die bedeutende Veränderung der Abweichung von 20° entstehe. Und doch ist hier nur ein Theil der Anziehung berücksichtigt worden!

Gesetzt, die Declination verändere sich des Jahres um 6′, in 10 Jahren also um 1°, so wird die mittlere Temperatur sich des Jahres nur um 0°,025 und innerhalb 10 Jahren um 0°,25 zu ändern brauchen. Die Veränderung der Nadel wäre dann sehr bedeutend und in die Augen fallend; die des Thermometers dagegen würde nicht wahrnehmbar seyn und von den viel größeren Schwankungen der jährlichen Mittel verdeckt werden.

„Die Möglichkeit der Säcularveränderungen, fährt Moser fort, ist also nachgewiesen; die Veränderung der Klimate, durch welche sie bewirkt werden, ist weder bedeutend, noch steht sie mit irgend einem physikalischen Factum im Widerspruch. Die absolute Constanz der jährlichen Mittel ist nicht bewiesen, noch wird sie durch die Erfahrung der letzten 40 Jahre sehr unterstützt. So lange kein Grund für die Veränderlichkeit derselben vorhanden ist, kann man diese Erfahrung dahin interpretiren; und wenn dieser Grund eintritt, so steht sie ihm nicht entgegen. Und selbst angenommen, daß in den letzten 40 Jahren die Temperatur in Europa sich durchaus nicht geändert habe, so würde man kein Recht haben, anzunehmen, daß dasselbe auch außerhalb Europa der Fall gewesen sey, daß in Asien und America die Mitteltemperatur während der 40 Jahre um 1° weder zu- noch abgenommen habe. Das wird Niemand verbürgen wollen, und doch reichte das hin, um in Europa die Declination 3 oder 4 Grad zu verändern."

„Das arithmetische Mittel einer veränderlichen Erscheinung hat nur dann Gültigkeit und Zuverlässigkeit, wenn die Erscheinung eine Periode befolgt, und man diese ganze Periode zum Mittelwerth benutzt. Es ist wahrscheinlich, daß die Veränderlichkeit der Einwirkung der Sonne auf die Temperatur sich innerhalb eines Jahres abschließe; allein die Sonne bedingt nicht allein die Wärme eines Ortes. Sie ruft secundäre Wirkungen, die

Digitized by Google

Winde, hervor, die einen sehr bedeutenden Einfluß darauf ausüben, wie man an der Gestalt der Isothermen sieht. Dieser secundäre Effect zieht wiederum andere an sich, er verändert die Menge des verdunstenden oder sich niederschlagenden Wassers. Die Temperatur eines Ortes ist also das Resultat vieler vereinigten Umstände, von denen man keinen Grund hat, sie alle innerhalb der Periode eines Jahres für abgeschlossen zu halten. Bliebe die mittlere Windrichtung sich gleich, dann könnte daraus vielleicht auf die Unveränderlichkeit der Temperatur geschlossen werden; allein auch das ist nicht der Fall. Ich erinnere an die Copenhagener Windbeobachtungen von 1751 an [21]), die beinahe eine successive, und jedenfalls sehr bedeutende Veränderung der mittleren Windrichtung anzeigen, selbst wenn man die Mittelwerthe von je 9 Jahren mit einander vergleicht. Man kann freilich daraus schließen, daß, wegen der in vieler Hinsicht mangelhaften Beobachtungen, die mittlere Windesrichtung weder aus einem, noch aus neun Jahren mit irgend einer Sicherheit abzuleiten sey; allein man kann nicht minder daraus schließen, daß das jährliche Windesmittel, wenn es eine absolute Gültigkeit haben soll, ein Phantom sey, das gar nicht zu erreichen ist."

Um diese Hypothese einer nähern Prüfung zu unterwerfen, würde eine genauere Kenntniß der Temperatur der Erde in früheren so wie in jetzigen Zeiten erforderlich seyn. An Beobachtungen des Thermometers aus früheren Zeiten fehlt es aber ganz, und auch die Messungen, welche in den letzten 50 Jahren gemacht sind, lassen nicht selten noch manches zu wünschen übrig. Theils sind die Instrumente so beschaffen, daß man sich auf ihre Angaben nur bis auf einige Zehntel Grade verlassen kann, und ein eben so großer Fehler wird vielleicht bei Herleitung des wahren Mittels begangen. Diese Größen, so unbedeutend sie auch erscheinen mögen, dürfen bei vorliegender Untersuchung nicht übersehen werden.

Gehen wir die Schriften aller Jahrhunderte durch, so finden wir fast allenthalben auf der ganzen Erde die Sage, daß das Klima sich verschlechtert habe. Ideler [22]), welchem wir eine ausführliche Untersuchung über diesen Gegenstand verdanken, hat

21) Band I. S. 218.

22) Berghaus Annalen V, 417.

eine Menge von Nachrichten dieser Art zusammengestellt. Allenthalben sagen die Greise, in ihrer Jugend sey es nicht so kalt gewesen. Dieses finden wir im Alterthume, so wie in neueren Zeiten. Und in der That ist dem Greise die Kälte empfindlicher als dem Jüngling; er sucht dieses unangenehmere Gefühl in der Temperatur der Luft, nicht in seinem Körper. Dazu kommt, daß ein jeder, welcher keine Beobachtungen macht oder diese aufzeichnet, nur ungewöhnlich warme oder kalte Jahre im Gedächtnisse behält und diese späterhin als Maaßstab an den gewöhnlichen Gang der Erscheinungen legt; oder umgekehrt das gewöhnliche Anhalten der Witterung mit ungemein warmen oder kalten Jahren vergleicht. Wie voreilig solche allgemeine Folgerungen aber sind, zeigte sich vor etwa 10 Jahren sehr auffallend. Mehrere auf einander folgende Winter waren ziemlich gelinde. In allen Zeitungen las man, das Klima habe sich geändert, es sey wärmer geworden, und alte Leute bestätigten dieses. Da kam der kalte Winter von 1829 bis 1830, und mehrere Jahre hindurch verstummten alle Stimmen, bis endlich das Jahr 1834 aufs Neue Gelegenheit gab, daß ähnliche Ansichten geäußert wurden, und dieses wird so lange dauern, bis wieder mehrere kalte Jahre auf einander folgen.

Während wir fast auf der ganzen Erde den Volksglauben antreffen, die Temperatur sey niedriger geworden, finden wir zwei weit ausgedehnte Regionen der Erde, von denen das Gegentheil behauptet wird. Frankreich und Deutschland sind seit den Zeiten der Römer, die Vereinigten Staaten von Nordamerica seit der Zeit der ersten Einwanderung der Europäer wärmer geworden. Ich habe jedoch bereits früher erwähnt (Bd. II. S. 82), wie wenig Gewicht wir den Zeugnissen der Römer beilegen dürfen, und eben dies dürfen wir von Nordamerica sagen. Die ersten aus England oder Frankreich kommenden Colonisten mußten hier anfänglich die ungewohnte Winterkälte unerträglich finden, bis sie sich endlich ganz akklimatisirten und die Witterung ihnen erträglicher schien.

Doch es giebt andere Zeugnisse, welche man für eine Aenderung des Klima's angeführt hat, es sind dieses die Pflanzen, welche innerhalb gewisser Districte eingeschlossen sind. Ich spreche hier nicht von den Pflanzen, welche wir im versteinerten Zustande

Digitized by Google

in den Schichten antreffen, aus denen unsere Erde zusammengesetzt ist; sie beweisen allerdings, daß viele Pflanzen einst in Gegenden fortkamen, wo es ihnen gegenwärtig viel zu kalt ist, daß die Erde damals auch einen Theil ihrer ursprünglichen Wärme besaß; wir haben es hier nur mit den Veränderungen zu thun, welche sich in historischen Zeiten ereignet haben sollen. So war Island einst durch Wälder ausgezeichnet, aus denen Schiffe gebaut wurden [23]), aber Ideler [24]) führt mehrere Zeugnisse an, daß nur die schlechte Wirthschaft in den Wäldern Ursache von dem Holzmangel ist. Ganz etwas Aehnliches wird von den Alpen angeführt, indem die Wälder sich nicht mehr so hoch erstrecken, als dieses in früheren Zeiten der Fall war. Man findet Ueberreste bedeutender Bäume da, wo jetzt nur verkrüppelte Tannen stehen, und Kasthofer hat an verschiedenen Stellen seiner beiden Reisen durch die Alpen davon gesprochen. Diese Verschlechterung der Wälder in den höheren Regionen hat jedoch ihren Grund weniger in einer Verminderung der Temperatur, als in der schweizerischen Freiheit. Ziegen, Schaafe und Kühe, welche nach Willkühr in den Wäldern weiden, zertreten und verzehren jeden jungen Waldwuchs, und die alten Bäume sterben endlich aus, so daß die Wälder stets lichter werden; ohnehin ist es ja eine bekannte Thatsache, daß Pflanzen, welche gewöhnlich in Gesellschaft leben, nur schlecht gedeihen, wenn sie isolirt stehen.

Im ganzen Alpengebirge hört man ziemlich übereinstimmend die Behauptung, daß die Glätscher vorrücken; manche Alpen, welche sonst viele Kühe ernährten, sind entweder ganz verglätschert, oder sie gewähren nur wenigen Ziegen und Schaafen hinreichende Nahrung. Betrachten wir aber einen Glätscher während einer Zeit von wenigen Decennien, so finden wir, daß er je nach der Beschaffenheit der Jahre vorwärts rückt oder sich zurückzieht; selbst aber in dem Falle, wo letzteres geschieht, ist die Gegend, auf welcher die Eismasse lag, viele Jahre nach dem Verschwinden der letztern für jede Art von Cultur unbrauchbar, da das Wasser jede Spur von Damm-Erde fortspülte. Wenn gleich dem Bewohner des Hochgebirges ein Theil seiner Wiesen

23) Schweigger's Jahrb. N. R. XVI, 209.

24) Berghaus Annalen V, 421.

dadurch verloren geht, so ist dadurch noch keineswegs die Vermehrung der Eismasse erwiesen. Dieses geht besonders aus einer trefflichen Arbeit von Venetz [25]) hervor. Er untersuchte mit Sorgfalt die Glätscher des Canton Wallis und verglich ihre gegenwärtige Beschaffenheit mit älteren Beschreibungen derselben. Es ergab sich [26]) daraus, daß 22 Glätscher jetzt eine weit bedeutendere Ausdehnung haben, als in früheren Zeiten, daß also die Wärme abgenommen hat, während mehr als 35 an andern Orten gesammelte Erfahrungen eine bedeutende Abnahme der Glätscher, also eine Erhöhung der Wärme zu beweisen scheinen. Es scheint dem Verfasser also sehr wahrscheinlich, daß die Temperatur in einer Periode von unbekannter Länge abwechselnd steige und sinke. Daß vor Jahrhunderten die Temperatur einst viel niedriger war, und daß die Glätscher damals eine weit größere Ausdehnung hatten, als gegenwärtig, wird besonders durch die vielen alten Moränen bewiesen, welche jetzt zum Theil mit großen Bäumen bewachsen sind. Es scheint dem Verfasser aber wahrscheinlich, daß seit dreihundert Jahren die Temperatur etwas abgenommen hat, daß aber diese Periode der Erkaltung gegenwärtig auch ihr Ende erreicht habe.

So wahrscheinlich das Verhalten der Glätscher auch diese Schwankungen der Temperatur macht, so fehlt es doch ganz an genügenden Beobachtungen, um diese Ansicht durch die Angaben des Thermometers zu bestätigen. Die ältesten Beobachtungen sind diejenigen, welche Raineri in der Mitte des 17ten Jahrhunderts während einer Zeit von 16 Jahren zu Florenz machte, welche jedoch lange Zeit deshalb unbrauchbar waren, weil die Scale des benutzten Thermometers nicht bekannt war, bis Libri vor mehreren Jahren einige dieser Instrumente auffand und ihre Angaben mit den gegenwärtig gebräuchlichen verglich. „Nachdem ich, fährt Libri fort [27]), hiedurch den Werth der alten Thermometerscale aufgefunden, wandte ich ihn auf die meteorologischen Beobachtungen des Pater Raineri an, und leitete

25) Denkschriften der Allgem. Schweiz. Gesellsch. für die gesammten Naturwissenschaften I, 2. S. 1—38.

26) Das. S. 34.

27) Poggendorff's Annalen XXI, 329.

aus diesen die Mittelwerthe der Minima und Maxima für jeden Monat des sechzehnjährigen Zeitraumes ab. Beim Vergleiche dieser Mittelwerthe mit den Beobachtungen, die seit 1820 im Observatorium der frommen Schule zu Florenz angestellt werden, fand ich nur sehr geringe Unterschiede, wahrscheinlich als Folge des andern Standpunktes der neuen Instrumente, die in einer Höhe von 84 Fuß über dem Boden aufgestellt sind. Dieser Vergleich beweist, daß die genannten Elemente sich seit 150 Jahren nicht merklich verändert haben, und daß die in Toscana fast allgemein verbreitete Meinung, als habe die seit 60 Jahren eingetretene Entwaldung der Apenninen eine Temperaturveränderung oder wenigstens eine Vergrößerung des Maximums unserer Winterkälte veranlaßt, falsch ist. Im 17ten Jahrhunderte waren die Apenninen in der That noch bewaldet, und dennoch fiel das Thermometer, während der 15jährigen Dauer der Beobachtungen, zweimal auf — 5° R und einmal auf — 9° R, welche außerordentliche Kälten auf zuverlässige Weise zeigen, daß die Temperatur in Toscana seit jener Zeit nicht abgenommen hat." Da hier indessen nur die Extreme verglichen sind, deren Werth von kleinen Verschiedenheiten in der Aufstellung und den Beobachtungsstunden abgeändert wird, so läßt sich aus diesen Aufzeichnungen nicht eher ein Resultat herleiten, als wenn die mittleren Temperaturen der einzelnen Monate und des Jahres in jener frühern Zeit mit den gegenwärtig Statt findenden verglichen werden.

Eben so wenig scheinen die Temperaturbeobachtungen, welche seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts in Lund, Stockholm, London und Copenhagen gemacht sind und welche Ideler mittheilt [28]), für eine Aenderung der mittlern Temperatur zu sprechen, jedoch sind vielleicht die älteren Messungen nicht mit hinreichender Sorgfalt gemacht. Ich glaube aber zugleich darauf aufmerksam machen zu müssen, daß diese Periode diejenige ist, in welcher sich die Abweichung der Magnetnadel nur wenig änderte.

Aus der geographischen Verbreitung der Pflanzen hat Schouw [29]) einige Thatsachen entnommen, welche zu beweisen scheinen, daß die Temperatur von Palästina und einiger Nachbar-

28) Berghaus Annalen V, 428.

29) Edinb. Journ. of Sc, VIII, 311—326.

länder sich seit den Zeiten von Moses nicht geändert habe. In dem südlichen Theile von Palästina namentlich war die Dattelpalme sehr häufig, und Jericho hieß die Palmenstadt, was auch späterhin von Plinius bestätigt wurde. Eben so wurde der Wein sehr häufig gebaut, und die Kundschafter, welche Moses ins Land schickte, brachten große Trauben mit. An verschiedenen Stellen der Bibel werden Weingärten erwähnt, und Moses, die Propheten und Christus entlehnen von ihnen sehr häufig ihre Gleichnisse. Jedoch wuchs der Wein nicht blos in dem nördlichen gebirgigen Theile, sondern auch in dem südlichen Flachlande. Nun erfordert die Dattelpalme, falls sie Früchte tragen soll, eine mittlere Temperatur von 21° C. Bei Palermo, dessen mittlere Temperatur etwas über 17° beträgt, gedeiht sie zwar noch, aber ihre Frucht ist nicht genießbar. Bei Catania, dessen mittlere Temperatur 18° bis 19° beträgt, sind die Datteln nicht süß, und in die Erde gelegt keimen sie nicht. Auf der Nordküste von Africa, in der Nähe von Algier, wo die Temperatur etwa 21° beträgt, reifen die Datteln vollkommen, aber die besten werden aus dem Innern gebracht. Weil nun die Datteln in Palästina vollkommen reiften und in Menge wuchsen, so müssen wir der Gegend eine Temperatur von wenigstens 21° zuschreiben. Auf der andern Seite legt L. v. Buch die Aequatorialgränze des Weines nach der Insel Ferro, wo wir eine Temperatur von etwa 21° bis 23° finden. In der Barbarei gedeiht der Wein nur an der Küste und auch hier wählt man nur die nördlichen Abhänge der Hügel zu Weinpflanzungen. In Aegypten ist der Weinbau unbedeutend. In Abusheher in Persien, dessen mittlere Temperatur etwa 25° beträgt[30]), wird nach Niebuhr zwar noch Wein gepflanzt, aber er muß gegen die Sonnenhitze geschützt werden. Da nun der Weinbau in Palästina bedeutend war, so kann seine Temperatur nicht größer als 22°, vielleicht nicht über 21° gewesen seyn. So zeigt uns die Cultur dieser beiden Pflanzen, daß die Temperatur Jerusalems etwa 21° betrug; eben dieses ist nach den Beobachtungen in Cairo und der Biegung der Isothermen auch noch jetzt die mittlere Wärme des Landes, zumal wenn wir auf die Erhebung der Orte über dem Meere Rück-

30) Schouw giebt 23°. S. Bd. I. p. 119.

Rücksicht nehmen. Aehnliche Verhältnisse zeigen auch andere Pflanzen; der Weizenbau in Palästina zeigt, daß die Wärme nicht größer war, als 24° bis 25°, während das Gedeihen des Balsambaumes in der Nähe von Jericho eine Temperatur von wenigstens 21° bis 22° erforderte. Auch die Zeit der Ernte ist jetzt noch sehr nahe dieselbe als im Alterthume.

Aehnliches läßt sich auch von Aegypten sagen. So giebt Theophrastus ein Verzeichniß der Pflanzen, deren Polargränze in Aegypten liegt, unter denen wir Mimosa Nilotica, Ficus sycamorus, Cordia Myxa, Hyperanthera Moringa und Nymphaea lotus zu erkennen im Stande sind, und welche auch jetzt nicht weiter nördlich gefunden werden. Von diesen Pflanzen erwähnen Waldstein und Kitaibel zwar die Nymphaea lotus als einen Bewohner der heißen Quellen Ungarns, aber es ist hier diese besondere Localität nur dem Gedeihen der Pflanze günstig. Die Crucifera thebaica wächst jetzt, eben so wie zu den Zeiten von Theophrast, nur in Ober-Aegypten, fehlt aber in Unter-Aegypten. Aus den Bemerkungen von Theophrastus und Plinius folgt, daß der Oelbaum in Ober-Aegypten vorkam, was auch jetzt noch seine Aequatorialgränze ist. Es scheint sich also die Temperatur von Aegypten eben so wenig geändert zu haben, und wenn einige von den Alten erwähnte Pflanzen, wie Nelumbium speciosum, nicht mehr gefunden werden, so mögen sie ausgerottet seyn, da diese Pflanze von Fischer noch an den Mündungen der Wolga gesammelt wurde.

Werden auf eine ähnliche Art die Pflanzen untersucht, welche die Alten als Bewohner von Indien, Arabien, Griechenland und Italien erwähnen, so findet sich hier eben so wenig ein Unterschied mit den jetzigen Zeiten, höchstens könnte man annehmen, daß die Gegend Roms etwas kälter gewesen sey, als gegenwärtig.

Digitized by Google

Eilfter Abschnitt.

Einwirkung der Erde und der übrigen Himmelskörper auf die Witterung.

Werfen wir einen Blick auf die Untersuchungen, welche in den vorigen Abschnitten angestellt worden sind, so finden wir einige wenige einfache Thatsachen, welche alle einer mittelbaren oder unmittelbaren Einwirkung der Sonne zugeschrieben werden müssen. Durch ihre Strahlen erwärmt sie den Boden, mehr in den Aequinoctialgegenden als in der Nähe der Pole; dadurch entstehen die Winde, und indem eine mehr oder minder lebhafte Verdunstung erfolgt, wird die Atmosphäre dem Zustande der Sättigung genähert, und dann wenn Luftströmungen in einer Gegend eine hinreichende Menge von Dämpfen anhäufen, so entstehen Niederschläge. Kaum ist dieses geschehen, so beginnt eine Reihe unregelmäßiger Bewegungen; die Wärme der Gegend, in welcher der Niederschlag erfolgt, weicht von derjenigen ab, welche bei heiterm Himmel beobachtet seyn würde, und die Winde, welche daraus nothwendig entstehen, vermischen nun ungleich warme Luftmassen entfernter Gegenden mit einander. Indem auf diese Art jede Erscheinung auf die unmittelbar darauf folgenden einwirkt, muß nicht nur der electrische, vielleicht auch der magnetische Zustand der ganzen Erde oder eines großen Theiles derselben abgeändert werden, sondern wir finden auch eine große Störung im Gleichgewichte der Atmosphäre.

Die Bewegungen des Barometers, ihr Zusammenhang mit andern Erscheinungen der Atmosphäre, die Witterung, welche darauf folgte oder ihnen kurze Zeit voraufging, zogen die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich, als Torricelli kaum den Apparat erfunden hatte. Wir haben gesehen, daß die Gesetze

dieser Schwankungen sehr einfach sind. Zwischen den Wendekreisen so wie in höheren Breiten, an den Küsten des Meeres so wie im Innern der Continente sind es ungewöhnliche, von dem mittlern Zustande der Jahreszeit abweichende Verhältnisse der Wärmevertheilung, in Folge deren das Barometer steigt oder sinkt; so innig ist diese Verbindung zwischen den Aenderungen des Luftdruckes und denen der Wärme, daß das Gesetz ihrer gegenseitigen Abhängigkeit allenthalben auf der Erde fast durch dieselbe numerische Relation ausgedrückt werden kann. So einfach aber dieses Gesetz auch ist, so wird es doch sehr schwierig, aus demselben ungewöhnlich hohe oder niedrige Barometerstände herzuleiten, ja man kann sagen, noch nie sey ein einzelner Fall dieser Art umfassend erklärt worden. Doch haben wir es hier nicht mit einer Abweichung von der Regel zu thun, wir haben hier keine Erscheinung, welche sich auf dieses Gesetz nicht zurückführen ließe, denn stets findet noch die Verbindung zwischen Luftdruck und Temperatur Statt: es ist der Mangel an Beobachtungen. Wir sehen, daß einem tiefen Barometerstande oft schon Monate vorher eine sehr bedeutende Abweichung von den Isothermen vorausgeht, daß die Wärme auf der ganzen Erde anomal vertheilt ist, und wir sollen aus Beobachtungen in einem kleinen Theile Europa's Gesetz und Ursache der Erscheinung herleiten? Das ist eine Forderung, welche in keinem andern Theile der Physik gemacht wird! Sollte einst eine Mannheiner Gesellschaft in erneuerter und verbesserter Gestalt aufleben, dann vielleicht wird es möglich seyn, Erfahrungen dieser Art umfassender zu behandeln als jetzt.

Dieser Mangel an Beobachtungen, dieses Uebersehen des Umstandes, daß letztere an einem großen Theile der Erde gemacht seyn müßten, so wie überhaupt das leichte Verfahren, womit in früheren Zeiten die klimatischen Verhältnisse eines Ortes bestimmt wurden, sind Ursache von manchen wunderbaren Hypothesen über die Veränderungen der Atmosphäre gewesen. Der menschliche Geist konnte nicht ruhen, ehe alle Phänomene erklärt waren, und da weder Wärme noch andere auf der Erde beobachtete Erscheinungen dazu genügten, so wurden Himmel und Hölle zu Hülfe genommen: bald sollten die Himmelskörper Ursache der Veränderungen seyn, bald sollte die Erde entweder in ihrem gewöhnlichen Zustande oder den krampfhaften Zuckungen zur Zeit von Erdbeben

und vulcanischen Ausbrüchen, diese Veränderungen bewirken. Arbeiten dieser Art, welche in verschiedenen Perioden gemacht, vergessen und dann wieder erneuert wurden, müssen als ein verzweifelndes Geständniß unseres Unvermögens, den Zusammenhang verwickelter Phänomene zu ergründen, angesehen werden. Ohne diese Ansichten ausführlicher zu verfolgen und genauer zu prüfen, möge es genügen, nur einige Punkte hervorzuheben.

Es war John Woodward, welcher sich zuerst bemühte, die wichtigsten Veränderungen der Atmosphäre aus dem Innern der Erde herzuleiten [1]). Fast beständig steigen seiner Ansicht zufolge Ausdünstungen aus dem Abgrunde der Erde in den Luftkreis. Einige derselben sind feucht, andere trocken, einige heiß, andere kalt; einige von salziger, andere von mineralischer Beschaffenheit. Schon lange vor dem Ausbruche des Regens zeigen sich die Vorboten desselben in den Kohlengruben. Gewöhnlich bemerkt man vorher unter der Erde eine große Hitze, und wenn diese längere Zeit fortdauert, so wird die Luft dick und nebelig. Eben diese Vorboten zeigen sich in Grotten und tiefen unterirdischen Höhlen. In tiefen Minen sah man vor langen und großen Regen Wasser durch die horizontalen Spalten der Schichten hervordringen, so daß die Quellen darnach reichlicher flossen. Dauert dieser Nebel in der Tiefe längere Zeit fort, so brennen die Grubenlichter weniger hell als gewöhnlich, endlich kommen noch verschiedene Arten von mineralischen Dämpfen, welche sich nach Art des Schießpulvers entzünden und explodiren, und sich endlich bei ihrem Hervortreten in die Atmosphäre besonders im Sommer in Gewitter verwandeln. Diese besonders auf den Kämmen der Gebirge hervorkommenden Dämpfe sind Ursache der Wolken, welche sich hier so oft aufthürmen, während der übrige Himmel heiter ist. In Folge dieser aufsteigenden Dämpfe macht die See ein großes Geräusch und ist schon lange vor dem Unwetter unruhig; eben so werden die Quellen mehr oder weniger warm und ihr Wasser erhält einen Beigeschmack. Auch die Vulcane machen ein größeres Geräusch und vor bedeutendem Regen ist die Rauchsäule über ihnen größer als gewöhnlich. Indem nun auf diese Art die

1) Woodward History of the Earth. 8. London 1729. p. 109—151. Histoire naturelle de la terre. 4. Paris 1735. p. 213.

Dämpfe in die Höhe steigen, wirken sie vermöge ihrer Steigkraft dem Gewichte der Atmosphäre entgegen und deshalb sinkt das Barometer.

Obgleich bereits de Luc [2]) dieses System sehr ausführlich geprüft, und gezeigt hatte, daß es den Erscheinungen in keiner Hinsicht entspreche, so wurde doch in neueren Zeiten eine ähnliche Ansicht von Meinecke aufgestellt [3]) und von manchen Naturforschern mit Beifall aufgenommen. Ich erwähne unter ihnen besonders Keferstein, welcher in seiner Theorie der Quellen [4]) diese Hypothese weiter ausbildete und dadurch ein bleibendes Denkmal von dem Zustande seiner physikalischen und chemischen Kenntnisse lieferte. Es ist dieser Ansicht zufolge der Athmungsprozeß der Erde die mächtige Ursache aller Veränderungen in der Atmosphäre, zu Zeiten absorbirt die Erde atmosphärische Luft und in Folge deren sinkt das Barometer, während diese Gase zu andern Zeiten wieder frei werden und eine Vermehrung des Luftdruckes bewirken. Da es nun besonders die Dammerde ist, welche Luft mit größerer Begierde absorbirt, so sind die Schwankungen da am größten, wo wir kein anstehendes Gestein finden.

Unter den Erscheinungen, welche Woodward zu Gunsten seiner Ansicht anführt, zeichnet sich eine aus, welche auch in neueren Zeiten öfter beobachtet ist und über welche wir so viele Erfahrungen besitzen, daß wir kaum an ihrer Richtigkeit zweifeln dürfen. Es ist dieses die Vermehrung der schlagenden Wetter in Bergwerken vor anhaltendem Regen und bei niedrigem Barometerstande; eine ähnliche Vermehrung der Kohlensäure ist öfter zur Zeit eines geringen Luftdruckes bei Mineralquellen bemerkt worden, und genauere Beobachtungen dürften vielleicht auch zeigen, daß die Dammerde zu solchen Zeiten der Atmosphäre einen Theil der absorbirten Gase zurückgiebt. Aber wollen wir denn hier alle Versuche über die Absorption der Luftarten durch feste und flüssige Körper ganz unbeachtet lassen? Ist es nicht weit natürlicher, anzunehmen, daß diese Gase bei verändertem Luftdrucke eben so frei werden, als dieses unter dem Recipienten der Luft-

2) de Luc Modif. de l'atmosphère I, 443.

3) Schweigger's Jahrb. N. R. VIII, 194.

4) Keferstein Teutschland V, 1—138.

pumpe Statt findet? Dringen denn nicht die Gase und unter ihnen vorzugsweise diejenigen, welche im Innern der Erde so häufig vorkommen, namentlich Kohlenwasserstoffgas, durch Spalten aus den entfernteren Höhlungen hervor, wenn der äußere Luftdruck geringer wird?

Die erwähnten Erscheinungen sind bloße Wirkungen des verminderten Luftdruckes, sie treten nach ihm, höchstens gleichzeitig mit ihm ein, noch Niemand hat sie früher beobachtet; sie müßten ferner bei hohem und nicht bei niedrigem Barometerstande eintreten, wofern diese unterirdischen Gase Ursachen des veränderten Luftdruckes wären.

Woodward stützt sich ferner auf die Phänomene der Grubenwasser. Was er über die abgeänderte Temperatur von ihnen und den Quellen sagt, ist ganz unrichtig; Niemand noch hat etwas dieser Art beobachtet, und Thatsachen, die am Ende des 17ten Jahrhunderts über diesen Gegenstand mitgetheilt wurden, müssen ganz unberücksichtigt bleiben. Eben so wenig sprechen Erfahrungen dafür, daß vor dem Regen die Wassermenge der Quellen zunehme. Nur ein Phänomen, welches Bergleute öfter beobachtet haben, könnte hieher gezogen werden. Man hat nämlich bemerkt, daß bei lange anhaltender Dürre die Grubenwasser schnell zunehmen. Doch sind dann die von Wasserrädern getriebenen Werke wegen des verminderten Aufschlagewassers nicht mehr im Stande, so viel Wasser zu heben.

Etwas Aehnliches läßt sich von den Bewegungen des Meeres sagen. Nicht blos die Bewohner der Küsten sind der Meinung, daß heftige Stürme schon vorher durch lebhafte Bewegungen des Meeres angezeigt werden, sondern fast jeder Seemann kann diese Thatsache nach eigenen Erfahrungen bestätigen. Aber auch hier setzen nicht etwa die aus der Tiefe hervordringenden Gase die Wassermasse erst in Bewegung und verbreiten sich dann über große Landstrecken: es ist vielmehr die ungleiche Geschwindigkeit der Wellen auf der Oberfläche des Wassers und des Windes. Nach der Zusammenstellung von Weber [5]) bewegen sich die Wellen in der Stunde durch einen Raum von etwa 30 englischen Seemeilen, was in der Secunde eine Geschwindigkeit von nahe 50 Fuß

5) Weber's Wellenlehre S. 56.

giebt. Nur wenige heftige Stürme haben aber eine solche Geschwindigkeit, und wenn also der Windstoß so wie die Wellen beide nach derselben Richtung gehen, so werden letztere dem Winde als Vorboten vorauseilen.

Dasselbe gilt von dem Einflusse, welchen der Ansicht Meinecke's zufolge die geognostische Beschaffenheit des Bodens auf der Größe der Barometervariationen haben soll. Wir haben früher großartige, blos von der geographischen Lage der Orte abhängige Gesetze für diese Thatsache gefunden, Länge und Breite bestimmten diese Größe, ohne daß wir etwas Aehnliches von der geognostischen Beschaffenheit sagen können. Die Beschaffenheit des Bodens würde in der Sahara ähnliche Unruhe des Quecksilbers erfordern, als auf der norddeutschen Ebene, und hier müßten sie größer seyn, als in dem mit Urgebirgen bedeckten Norwegen, wovon uns aber die Erfahrung nichts beweist.

Ohne länger bei dieser Ansicht zu verweilen, will ich nur noch einen Punkt hervorheben, von welchem sehr häufig die Rede ist, nämlich den Zusammenhang vulcanischer Phänomene mit der Witterung; entweder wurden dabei die Witterungsverhältnisse von den vulcanischen Phänomenen abgeleitet, oder man schlug den umgekehrten Weg ein. Niedrige oder hohe Barometerstände, trockene oder nasse, warme oder kalte Jahre und Jahreszeiten sollten mit den Erdbeben eine gemeinsame Ursache haben, und da es bei der Häufigkeit der letzteren nicht fehlen konnte, daß ungewöhnliche Witterungsverhältnisse gleichzeitig mit Erdbeben Statt fanden, so glaubte man hier eine Bestätigung der Hypothese zu finden, um so mehr, da auch ungewöhnliche atmosphärische Erscheinungen selten auf die Art untersucht wurden, welche zur Erkenntniß ihrer Gesetze erforderlich war.

In allen vulcanischen, selbst weit von einander entfernten Gegenden herrscht die Meinung, daß die Eruptionen der Feuerberge so wie die Erschütterungen des Bodens besonders zu gewissen Jahreszeiten eintreten. So sagt Cotte[6]), nach Bertrand ereigneten sich die Erdbeben häufiger im Winter als im Sommer. Dagegen führt Seneca[7]) an, daß in eben dieser Zeit die Erd-

6) Journal de physique, Sept. 1807. p. 161.

7) Quaest. naturales VI, 1.

beben seltener seyen. In Sicilien ereignen sich nach Smyth[8]) die Erdbeben besonders in den ersten Monaten des Jahres, während le Gentil[9]) glaubt, daß sie auf Manilla in den letzten Monaten Statt fanden, und Shaw sagt, daß sie in Algier besonders am Ende des Sommers sich erzeugen. Diesen Thatsachen, welche ich von Kries[10]) entlehnt habe, ließe sich noch eine große Anzahl ähnlicher hinzufügen, die sich mehr oder minder widersprechen. Wird schon hiedurch diese Abhängigkeit wenig wahrscheinlich, so zeigt eine nähere Untersuchung kaum eine Spur einer solchen Relation. Cotte hat in der vorher erwähnten Arbeit ein Verzeichniß von 338 Erdbeben gegeben, welche er von 1775 bis 1806 aufzeichnete; eben so hat Hoff[11]) eine Zusammenstellung der Erdbeben mitgetheilt, welche sich von 1821 bis 1830 in der nördlichen Halbkugel ereignet hatten; Hoffmann[12]) hat die Erschütterungen, welche sich während einer Zeit von 40 Jahren in Palermo ereigneten, nach den Monaten geordnet, und eben dieses hat Merian[13]) für die Erdbeben gethan, die sich in Basel ereignet haben. Darnach erhalten wir folgende Tafel:

	Cotte	Hoff	Hoffmann	Merian	Summe
Januar	24	31	4	12	71
Februar	25	36	5	14	80
März	23	31	13	6	73
April	26	29	4	5	64
Mai	16	33	1	11	61
Junius	28	33	6	3	70
Julius	42	20	4	7	73
August	34	31	6	8	79
Septbr.	25	24	6	12	67
October	38	41	2	11	92
Novbr.	22	26	4	14	66
Decbr.	35	34	2	15	86

8) Memoirs of Sicily p. 6.

9) le Gentil Voyage II, 566.

10) Kries Ursachen der Erdbeben. 8. Leipzig 1827. p. 7.

11) Poggendorff's Annalen XXXIV, 104.

12) Daf. XXIV, 52.

13) Ueber die in Basel wahrgenommenen Erdbeben. 4. Basel 1834. S. 9.

Digitized by Google

Nach den Jahreszeiten geordnet finden wir

Winter	237
Frühling	198
Sommer	222
Herbst	225

Ich bin nicht im Stande, in der letzten Spalte der obigen Tafel eine Spur einer jährlichen Periode zu erkennen, oder falls diese vorhanden ist, so ist sie jedenfalls sehr unbedeutend. So finden wir zwar im October ein Maximum, welchem ein zweites Maximum im December folgt, aber in den vorgehenden und folgenden Monaten erreicht die Zahl der Erdbeben nicht einmal den mittlern monatlichen Werth; eben die beiden Monate October und December zeichnen sich in Palermo durch Seltenheit der Erderschütterungen aus. Zu derselben Ansicht, daß die Erdbeben gar keine Abhängigkeit von den Jahreszeiten zeigen, ist auch Arago gekommen, indem 63 Erdbeben, welche Pouqueville von 1807 bis 1825 in Janina beobachtete, keine Spur einer jährlichen Periode zeigten [14]).

Sehen wir also, daß schon in ihrem mittlern Durchschnitte die Erdbeben nichts mit den jährlich wiederkehrenden Erscheinungen der Witterung zu thun haben, so könnte man glauben, daß ungewöhnliche Witterungsverhältnisse ihren Grund in einer im Innern der Erde wirksamen Kraft haben müßten. In vielen tropischen Gegenden sollen die Vulcane in der nassen Jahreszeit thätiger seyn, als in der trockenen, und eben so sieht man eine Vermehrung der Dampfsäule über dem Stromboli als Vorboten von Regen an. Obgleich es also scheinen könnte, als ob diese Uebereinstimmung der Ansichten in entfernten Gegenden in der Natur begründet wäre, so beruht diese Behauptung doch nur auf einer Täuschung. Wenn nämlich die Dampfsäule über dem Vulcane dichter wird, wenn sie nicht in Gestalt eines fast vertical stehenden Cylinders aufsteigt, sondern sich weithin verbreitet und die Atmosphäre mit einem dichten Nebel anfüllt, so glaubt man, die Kraft im Innern habe zugenommen, und dieses mag allerdings in sehr vielen Fällen wahr seyn. Aber eben diese Vergrößerung der Dampfsäule kann auch Statt finden, ohne daß der Vulcan

14) Annales de Chimie XLII, 409.

thätiger wird. Der aus dem Krater hervortretende Wasserdampf hat eine sehr hohe Temperatur, und wenn er in die kältere Atmosphäre tritt, so wird derjenige Theil von ihm, welcher noch übrig bleibt, nachdem die umgebenden Luftschichten gesättigt sind, condensirt und erscheint nun als Nebel. Bei gleicher Thätigkeit des Vulcanes wird also die Wolke desto größer erscheinen, je feuchter die Luft ist und die im Innern wirksame Kraft also vor Regenwetter und in der nassen Jahreszeit größer zu seyn scheinen. Eine ähnliche Zunahme des Nebels hat man zur Zeit von Regen auch über heißen Quellen beobachtet, und derjenige, welcher an einem Orte wohnt, wo Salinen befindlich sind, kann denselben Vorgang bei dem Wasserdampfe bemerken, welcher aus den Schwadenfängen der Siedehäuser hervorsteigt, und die Anwohner der Halle in Halle kennen die Erscheinung so wohl, daß sie das Verhalten des Dampfes als einen Vorboten der Witterung ansehen.

Aehnliche Täuschungen scheinen auch häufig bei Erdbeben Statt zu finden, und da sich diese oft in bedeutender Entfernung von den Vulcanen zeigen, so sind die Nachrichten darüber noch unsicherer, da die Beobachter nicht an ähnliche Erscheinungen gewöhnt sind und selten einen hinreichenden Grad von Unbefangenheit besitzen, um alle Umstände mit Aufmerksamkeit zu verfolgen. Wir sind es einmal gewohnt, die Erde als eine feste unbewegliche Masse zu betrachten; wenn dann diese von Jugend auf bestätigte Vorstellung durch ein solches Ereigniß erschüttert wird und der Glaube an diese Unwandelbarkeit schwindet, so glaubt man, daß alle ungewöhnlichen Erscheinungen, welche man sonst kaum beachtete, die aber jetzt um so auffallender hervortreten, damit im Zusammenhange stehen. Selbst in Gegenden, in denen Erdbeben keineswegs zu den Seltenheiten gehören, findet wohl eine solche Vermengung verschiedener Umstände Statt. Als z. B. mit dem Erdbeben in Cumana am 4. Novbr. 1799 zugleich ein starkes Gewitter mit heftigen Windstößen erfolgte, so glaubten die Bewohner an einen Zusammenhang beider, aber eben so heftige Gewitter zeigen sich dort fast alljährlich zu derselben Zeit, selbst wenn der Boden ganz ruhig ist [15]). Eben so glaubt man in Chili an einen Zusammenhang der Erdbeben mit der Witterung,

15) Humboldt Voyage IV, 16.

aber Molina, welcher diese Thatsache erzählt [16]), fügt hinzu: „Ich läugne die Möglichkeit nicht, aber aufrichtig gesagt, ich habe, ungeachtet aller möglichen Vergleichungen der verschiedenen Erscheinungen der Atmosphäre bei Erdbeben, nie eine analoge Anzeige herausbringen können, welche ich nicht in andern Fällen unzuverlässig gefunden hätte. Da ich in Chili geboren und erzogen bin, so habe ich die Erde zu allen Jahreszeiten erschüttert gesehen, sowohl in der Regenzeit als bei heiterm Himmel, wenn Wind wehte und wenn die Luft still war." Bei 57 Erdbeben, welche in einer Zeit von 40 Jahren in Palermo Statt fanden, und welche Piazzi und Cacciatore in ihren meteorologischen Tagebüchern genau verzeichneten, versuchte es F. Hoffmann vergeblich, irgend eine Witterungserscheinung aufzufinden, welche sich mit denselben hätte in irgend eine wahrscheinliche Verbindung bringen lassen können. Die Erdstöße erscheinen hier bei heiterm und bedecktem Himmel, bei kaltem und heißem Wetter, vor und nach Regen, mit und ohne ihn. Ja selbst Stärke und Richtung des Windes scheint von den Erdbeben völlig unabhängig, und dieses ist zugleich die Meinung aller unterrichteten Personen, welche Gelegenheit hatten, in verschiedenen Theilen Siciliens das Vorkommen von Erdstößen zu beobachten [17]). Eben diesen Mangel eines Zusammenhanges beweisen auch alle von Kries mitgetheilten Thatsachen.

Nicht selten wird die Behauptung ausgesprochen, daß lebhafte Bewegungen des Barometers, namentlich sehr tiefe Stände desselben, mit Erdbeben im Zusammenhange stehen. Schon Cotte zeigte indessen in der erwähnten Zusammenstellung, daß die Erdbeben gleich häufig bei hohem und niedrigem, ruhigem und unruhigem Barometerstande Statt fänden, und zu demselben Resultate ist auch Kries gekommen. Um hierüber noch besser zu entscheiden, stellte F. Hoffmann die Barometerstände zusammen, welche zur Zeit von Erdbeben auf der Sternwarte zu Palermo beobachtet waren. In 31 Fällen stand das Quecksilber über dem Mittel des Monates, in 24 Fällen unter demselben, und in 2 Fällen auf demselben. Das Maximum betrug 3‴,584 über,

16) Naturgeschichte von Chili S. 29.

17) Poggendorff's Annalen XXIV, 60.

das Minimum 6‴,271 unter demselben. Wenn also gleich das Barometer bei Erdbeben häufiger über als unter dem Mittel steht, so hat es sich doch in den beiden äußersten Fällen fast um das Doppelte des Werthes unter demselben erhalten, den es über demselben hatte. Es ist jedoch dabei einerseits zu beachten, daß sich bei keinem dieser Extreme ein ausgezeichnetes Erdbeben ereignete, andererseits aber haben die Abweichungen des Barometerstandes vom Mittel bei Erdbeben in den angegebenen 40 Jahren weder über, noch unter dem Mittel jemals die Gränzen erreicht, welche in Mitteljahren ohne außerordentliche äußere Einflüsse vorzukommen pflegen, ja sie sind in den meisten Fällen noch immer ansehnlich und sehr oft um mehr als die Hälfte des ganzen Werthes von diesen Gränzen entfernt geblieben. Nehmen wir endlich den mittlern Barometerstand zur Zeit von Erdbeben, so ist dieser um 0‴,09 geringer als das allgemeine Mittel: eine Größe, welche wir ganz übersehen können.

Eben so wenig läßt sich eine Thatsache anführen, aus welcher mit Bestimmtheit eine Einwirkung eines thätigen Vulcanes auf das Barometer hervorginge. Als bei dem Ausbruche des Vesuvs im Jahre 1794 die ganze umliegende Gegend von dem Aschenregen verfinstert wurde, waren nach L. v. Buch [18]) alle Instrumente in großer Unruhe, nur das Barometer behielt während der 10 Tage der stärksten Ausbrüche seinen Stand unverändert bei, oder änderte ihn höchstens nur eine halbe Linie.

Sehen wir demnach, daß die Erde keinen Einfluß auf die Witterung hat, und daß selbst heftige Convulsionen in ihrem Innern den Gang der Instrumente nicht stören, so bleibt uns noch die Frage zu beantworten, wie sich in dieser Hinsicht die Himmelskörper verhalten. Allenthalben wird von Landleuten und Schiffern eine solche Einwirkung angenommen. Der Glaube an letztere ist sehr alt, älter als die Kenntniß irgend eines meteorologischen Instrumentes. Die ganze Ansicht scheint ein Ueberrest aus den Zeiten zu seyn, wo die Gestirne durch ihre gegenseitigen Stellungen die Schicksale der Völker und Menschen bestimmen sollten. Da die Planeten keine Einwirkung auf den Gang der Witterung zeigten, so blieb man beim Monde stehen und eine große Zahl von

18) Gilbert's Annalen V, 11.

Digitized by Google

Physikern hat sich mit der Bestimmung seines Einflusses auf die Witterung beschäftigt.

Es war wohl Laplace, welcher zuerst die Einwirkung des Mondes auf das Barometer näher prüfte; er nahm die Arbeit mehrmals wieder vor, aber erst dann, als auf der Pariser Sternwarte eine Reihe von Jahren hindurch gute Beobachtungen gemacht waren, ließ sich dieser Einfluß näher prüfen [19]). Aeußert nämlich der Mond durch seine Anziehung eine Einwirkung auf die Atmosphäre, so muß dadurch eine tägliche Ebbe und Fluth bewirkt werden, die jedoch durch die von der Sonne bewirkte verdeckt wird und erst durch eine besondere Combination der Beobachtungen gefunden werden kann. Während nämlich die von der Sonne bewirkte Fluth an allen Tagen zu derselben Zeit wiederkehrt, ist dieses nicht mehr der Fall bei der von dem Monde bewirkten; diese Stände richten sich nach den Mondstunden und werden daher erst nach Verlauf eines halben Monates dieselben zu denselben Sonnenstunden. Es ist also am vortheilhaftesten, die Beobachtungen von halbem zu halbem Monate zu vergleichen, um die Mondsfluth nachzuweisen. Wenn nun am Tage der Syzygien das Maximum dieser Fluth um 9^h Morgens eintritt, so wird das Minimum derselben auf 3^h Abends fallen. Das Gegentheil wird am Tage der Quadratur Statt finden. Diese Fluth wird also die tägliche Variation am ersten Tage vergrößern und die am letztern Tage vermindern und der Unterschied zwischen diesen Variationen wird das Doppelte des Betrages der atmosphärischen Mondsfluth seyn. Indem nun Laplace die Beobachtungen nahm, welche auf der Pariser Sternwarte vom 1. October 1815 bis zum 1. October 1823 um 9 Uhr Morgens, Mittags und 3 Uhr Abends an den Tagen der Syzygien und Quadraturen und den ihnen unmittelbar vorhergehenden und folgenden Tagen gemacht waren, gaben die an 1584 Tagen gemachten Messungen, daß diese Fluth den Barometerstand nur um $\frac{1}{18}$ Millimeter in plus oder minus schwanken macht. Obgleich diese Resultate aus 4752 Beobachtungen abgeleitet sind, so zeigt doch eine genauere Untersuchung, daß, um ihnen eine hinreichende Wahrscheinlichkeit

19) Ann. de Chimie XXIV, 284. Connaissance des temps 1826. Poggendorff's Annalen XIII, 137.

zu geben, und um ein ſo kleines Element, wie die atmoſphäriſche Mondsfluth, mit Genauigkeit zu erhalten, man wenigſtens 40000 Beobachtungen anzuwenden habe.

Mehrere Jahre ſpäter nahm Bouvard dieſelbe Rechnung wieder nach der von Laplace gegebenen Formel vor [20]). Dieſe iſt

$$R \cos \{2nt + 2\pi - 2mt - 2(m't - mt) - 2\lambda\} \quad (1)$$

Hier hängt R von der Wirkung des Mondes auf die Atmoſphäre ab und λ von der Zeit des Maximums der Mondsfluth am Tage der Syzygie; mt iſt die mittlere Bewegung der Sonne während der Zeit t; m't die mittlere Bewegung des Mondes während derſelben Zeit; nt iſt die Umdrehungszeit der Erde und π die geographiſche Länge des Beobachtungsortes. Alle dieſe Größen ſind vom Frühlingsäquinoctium gerechnet; darnach iſt $nt + \pi - mt$ der Stundenwinkel der Sonne, vom Mittage an gezählt, den wir mit h bezeichnen wollen. Im Mittel können wir die Syzygie auf den Mittag verlegen und die Declination des Mondes $= 0$ ſetzen. Ferner ſetzen wir die ſynodiſche Bewegung $q = m't - mt$ und dadurch wird die obige Formel

$$R \cos (2h - 2q - 2\lambda) \quad (2)$$

Am Mittage des Tages der Syzygie ſind der Stundenwinkel und die ſynodiſche Bewegung $= 0$, alſo wird die Formel

$$R \cos (-2\lambda) = R \cos 2\lambda.$$

Um 9^h Morgens iſt der Stundenwinkel gleich $-90°$; eben ſo iſt q negativ, alſo wird die Formel

$$R \cos \{-270° - (2\lambda - \tfrac{1}{4}q)\} \text{ oder } -R \sin (2\lambda - \tfrac{1}{4}q)$$

für 3 Uhr Abends wird dieſelbe

$$R \cos \{90° - (2\lambda + \tfrac{1}{4}q)\} \text{ oder } R \sin (2\lambda + \tfrac{1}{4}q).$$

Bezeichnet man mit A, A' und A'' die Barometerſtände, welche zu dieſen Zeiten beobachtet ſind, und mit C, C' und C'' die Barometerſtände, welche ohne den Einfluß des Mondes gefunden ſeyn würden, ſo hat man die folgenden drei Gleichungen:

$$C - R \sin (2\lambda - \tfrac{1}{4}q) = A \quad (a)$$
$$C' + R \cos 2\lambda = A' \quad (b)$$
$$C'' + R \sin (2\lambda + \tfrac{1}{4}q) = A'' \quad (c)$$

20) Poggendorff's Annalen XIII, 137. Schweigger's Jahrb. N. R. XIX, 4.

Aehnliche Betrachtungen lassen sich für die Quadraturen anstellen, indem man dabei gleichfalls den mittlern Augenblick aller Quadraturen auf den Mittag verlegen kann. Erwägt man, daß am Mittage der Stundenwinkel gleich 90^0 und die synodische Bewegung $= 0$ ist; sind ferner B, B′ und B″ die beobachteten Barometerstände, so ergeben sich folgende drei Gleichungen:

$$C + R \sin(2\lambda - \tfrac{1}{4}q) = B \qquad (a')$$
$$C' - R \cos 2\lambda = B' \qquad (b')$$
$$C'' - R \sin(2\lambda + \tfrac{1}{4}q) = B'' \qquad (c')$$

Addirt man die Gleichungen (a′) und (c) und subtrahirt davon die Summe der Gleichungen (a) und (c′), so erhält man

$$4R \sin 2\lambda \cos \tfrac{1}{4}q = B + A'' - A - B'' \qquad (3)$$

Vom Doppelten der Gleichung (b) ziehe man das Doppelte der Gleichung (b′) ab, so wird

$$4R \cos 2\lambda = 2A' - 2B'$$

Zieht man von der Summe der Gleichungen (a′) und (c′) die Summe der Gleichungen (a) und (c) ab, so wird

$$-4R \cos 2\lambda \sin \tfrac{1}{4}q = B + B'' - A - A''$$

Vereinigt man diese beiden letzten Ausdrücke, so wird

$$4R \cos 2\lambda (1 - \sin \tfrac{1}{4}q) = 2A + B + B'' - 2B' - A - A'' \qquad (4)$$

Die Gleichungen (3) und (4) geben den Werth der beiden Unbekannten, in Function der Größen, welche durch Beobachtungen am Tage der Syzygie und dem der Quadratur geliefert werden. Man kann auch die Beobachtungen am Tage vor und nach jeder dieser Phasen anwenden; und um die Formeln allgemeiner zu machen, reicht es hin, den Winkel 2λ um das Glied $2iq$ zu vermehren; alsdann seyen die Größen A, A′, ... B, B′.... bezeichnet durch A_i, A'_i...., B_i, B'_i...., wo i negativ ist für die Tage, welche der Syzygie und Quadratur vorhergehen, und positiv für die darauf folgenden Tage. Die Gleichungen (3) und (4) werden dann

$$4R \cos \tfrac{1}{4}q \sin(2\lambda + 2iq) = A''_i + B_i - A_i - B''_i$$
$$4R(1 - \sin \tfrac{1}{4}q) \cos(2\lambda + 2iq) = 2A'_i + B_i + B''_i - 2B'_i - A_i - A''_i$$

Digitized by Google

Setzt man

$$4R \sin 2\lambda = x; \quad 4R \cos 2\lambda = y$$

$$e_i = \frac{A''_i + B_i - A_i - B''_i}{\cos \frac{1}{2}q}$$

$$f_i = \frac{2A'_i + B_i + B''_i - 2B'_i - A_i - A'''_i}{1 - \sin \frac{1}{2}q}$$

ſo erhält man die beiden Endgleichungen

$$x \cos 2iq + y \sin 2iq = e_i$$
$$y \cos 2iq - x \sin 2iq = f_i$$

und daraus

$$x = e_i \cos 2iq - f_i \sin 2iq$$
$$y = f_i \cos 2iq + e_i \sin 2iq$$

Aehnliche Gleichungen kann man ſo viele bilden, als es Syzygien und Quadraturen giebt und als i verſchiedene Werthe hat. Nennt man n die Anzahl der angewandten Syzygien und Quadraturen und s die Anzahl der Werthe von i, ſo hat man ns Werthe von x und y, aus welchen man am beſten x und y durch die beiden folgenden Gleichungen herleitet:

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{\Sigma\left(\frac{e_i \cos 2iq - f_i \sin 2iq}{1 + 2{,}324 \sin^2 2iq}\right)}{\Sigma\left(\frac{1}{1 + 2{,}324 \sin^2 2iq}\right)} \\ y &= \frac{\Sigma\left(\frac{e_i \sin 2iq + f_i \cos 2iq}{1 + 2{,}324 \sin^2 2iq}\right)}{\Sigma\left(\frac{1}{1 + 2{,}324 \sin^2 2iq}\right)} \end{aligned}\right\} \quad (m)$$

Um die Werthe von x und y zu beſtimmen, hat **Bouvard** die Pariſer Beobachtungen vom 1. Januar 1815 bis zum 1. Januar 1827 genommen. Während dieſes Zeitraumes gab es 298 Syzygien und eben ſo viele Quadraturen. Jede dieſer Phaſen iſt durch die Beobachtungen von fünf Tagen beſtimmt, nämlich durch die von 2 Tagen vor und nach der Phaſe und den der letzteren ſelbſt. Die Zahl ſämmtlicher Beobachtungen iſt 8940. Setzen wir nun in den Werthen A_i und B_i, welche die Barometerſtände bei den Syzygien und Quadraturen angeben, der Reihe nach

i =

$i = -2, -1, 0, +1$ und $+2$, so ergeben diese Beobachtungen folgende mittlere Werthe in Millimetern:

$\underset{-2}{A} = 755{,}941$;	$\underset{-1}{A} = 756{,}205$;	$\underset{0}{A} = 756{,}319$
	$A_1 = 756{,}177$;	$A_2 = 756{,}100$
$\underset{-2}{A'} = 755{,}623$;	$\underset{-1}{A'} = 756{,}016$;	$\underset{0}{A'} = 755{,}989$
	$A'_1 = 755{,}879$;	$A'_2 = 755{,}845$
$\underset{-2}{A''} = 755{,}124$;	$\underset{-1}{A''} = 755{,}510$;	$\underset{0}{A''} = 755{,}396$
	$A''_1 = 755{,}443$;	$A''_2 = 755{,}377$
$\underset{-2}{B} = 756{,}644$;	$\underset{-1}{B} = 757{,}031$;	$\underset{0}{B} = 757{,}057$
	$B_1 = 756{,}370$;	$B_2 = 756{,}438$
$\underset{-2}{B'} = 756{,}368$;	$\underset{-1}{B'} = 756{,}851$;	$\underset{0}{B'} = 756{,}689$
	$B'_1 = 756{,}079$;	$B'_2 = 756{,}158$
$\underset{-2}{B''} = 755{,}918$;	$\underset{-1}{B''} = 756{,}403$;	$\underset{0}{B''} = 756{,}027$
	$B''_1 = 755{,}573$;	$B_2 = 755{,}711$

Substituirt man für i seine verschiedenen Werthe in e_i und f_i so wird

$$\left.\begin{aligned}
\underset{-2}{e} &= \underset{-2}{A''} + \underset{-2}{B} - \underset{-2}{A} - \underset{-2}{B''} \\
\underset{-1}{e} &= \underset{-1}{A''} + \underset{-1}{B} - \underset{-1}{A} - \underset{-1}{B''} \\
e_0 &= A''_0 + B_0 - A_0 - B''_0 \\
e_1 &= A''_1 + B_1 - A_1 - B''_1 \\
e_2 &= A''_2 + B_2 - A_2 - B''_2
\end{aligned}\right\} \times \frac{1}{\cos \frac{1}{4}q}$$

$$\left.\begin{aligned}
\underset{-2}{f} &= 2\underset{-2}{A'} + \underset{-2}{B} + \underset{-2}{B''} - 2\underset{-2}{B'} - \underset{-2}{A} - \underset{-2}{A''} \\
\underset{-1}{f} &= 2\underset{-1}{A'} + \underset{-1}{B} + \underset{-1}{B''} - 2\underset{-1}{B'} - \underset{-1}{A} - \underset{-1}{A''} \\
f_0 &= 2A'_0 + B_0 + B''_0 - 2B'_0 - A_0 - A''_0 \\
f_1 &= 2A'_1 + B_1 + B''_1 - 2B'_1 - A_1 - A''_1 \\
f_2 &= 2A'_2 + B_2 + B''_2 - 2B'_2 - A_2 - A''_0
\end{aligned}\right\} \times \frac{1}{1 - \sin \frac{1}{4}q}$$

Die Größe q, welche die synodische Bewegung bezeichnet, ist nach den astronomischen Tafeln $= 12^\circ\ 11'\ 27''$. Werden

die Zahlengrößen in die eben mitgetheilten Gleichungen geſetzt, ſo wird

$$\begin{aligned} e_{-2} &= -0{,}091129; & f_{-2} &= +0{,}007393 \\ e_{-1} &= -0{,}067095; & f_{-1} &= +0{,}051751 \\ e_{0} &= +0{,}107152; & f_{0} &= -0{,}032741 \\ e_{1} &= +0{,}063090; & f_{1} &= -0{,}081324 \\ e_{2} &= +0{,}004006; & f_{2} &= +0{,}048583 \end{aligned}$$

Setzen wir dieſe Größen in die Gleichungen (m), ſo ergiebt ſich als Endreſultat

$$x = 0{,}031758; \quad y = 0{,}015344$$

Um nun die Mondswirkung zu beſtimmen, nehmen wir wieder die beiden Gleichungen

$$x = 4R \sin 2\lambda \text{ und } y = 4R \cos 2\lambda$$

daraus

$$2R = \tfrac{1}{2}\sqrt{(x^2+y^2)} = 0^{mm},01763$$

$$\text{tang } 2\lambda = \frac{x}{y} = 64^\circ 12'$$

alſo $\lambda = 32^\circ 6'$. Dieſer Bogen in Zeit verwandelt, giebt 2 Stunden 8 Minuten für den Augenblick der größten Fluth am Tage der Syzygie, und dieſe beträgt etwa $\frac{1}{50}$ Millimeter. Dieſe Größe iſt aber ſo klein, daß wir den Einfluß des Mondes auf die Atmoſphäre in der Breite von Paris als unmerklich anſehen können.

So gering hiernach die Einwirkung des Mondes erſcheint, ſo haben ſich doch ſowohl in älteren als neueren Zeiten Phyſiker damit beſchäftigt, dieſelbe nachzuweiſen [21]), wir müſſen jedoch die meiſten dieſer Arbeiten unberückſichtigt laſſen, da die meiſten nicht auf einerlei Temperatur reducirten Beobachtungen nicht geeignet ſind, bei einer genauen Unterſuchung zum Grunde gelegt zu werden. Späterhin hat Flaugergues den Gegenſtand wieder in Anregung gebracht [22]). Er benutzte dabei die Beobachtungen, welche er vom 19. October 1808 bis zum 18. October 1828 zu Viviers gemacht hatte; um jedoch die Einwirkung der Sonne ganz zu eliminiren, behielt er nur die am Mittage gemachte Ab-

21) Gehler's Wörterb. N. A. I, 927. Schweigger's Jahrb. N. R. XXIX, 1.

22) Schweigger's Jahrb. N. R. XXIX, 11.

lesung bei. Werden diese Größen nach den Mondsphasen geordnet, so ergiebt sich folgende Tafel:

Mondsphasen	Zahl der Beobachtungen	Barometerhöhe um Mittag. Millimeter
Allgemeine mittlere Höhe	7281	755,46
Neumond	247	5,48
Erster Octant	248	5,44
Erste Quadratur	247	5,40
Tag vor dem zweiten Octanten . .	248	5,01
Zweiter Octant	247	4,79
Tag nach dem zweiten Octanten . .	247	4,85
Vollmond	246	5,30
Dritter Octant	246	5,69
Tag vor der zweiten Quadratur . .	246	6,19
Zweite Quadratur	246	6,23
Tag nach der zweiten Quadratur .	247	5,87
Vierter Octant	247	5,50
Nördliches Lunistitium	271	5,75
Mond im Aequator	554	5,45
Südliches Lunistitium	272	5,48
Perigäum (Parallaxe 60′ 24″) . .	265	4,73
Horizontalparallaxe von 60′ . . .	571	5,01
59′ . .	529	5,50
58′ . . .	530	5,41
57′ . .	530	5,46
56′ . . .	529	5,50
55′ . .	530	5,64
54′ . .	354	5,75
Apogäum (Parallaxe 54′ 4″) . .	265	755,73

Untersucht man diese Tafel, so überzeugt man sich ganz bestimmt von folgenden Punkten: Während eines synodischen Umlaufes des Mondes steigt das Barometer vom zweiten Octanten, wo es am niedrigsten steht, bis zur zweiten Quadratur, wo es am höchsten steht, das Quecksilber sinkt darauf bis zum zweiten Octanten. Der Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Stande dieser Periode beträgt $1^{mm},44$, wenn wir aus den Mes-

Digitized by Google

ſungen an den anliegenden Tagen die entſprechenden Höhen durch eine einfache Interpolation beſtimmen, $1^{mm},48$.

Da durch die Wahl der Mittagsſtunde die Barometerhöhen nicht von der Sonne afficirt werden oder die letztere einen conſtanten Einfluß darauf äußert, ſo kann man die Einwirkung von ihr ganz überſehen, und bei der vorliegenden Unterſuchung annehmen, daß ſie nur dazu diene, den Moment des Mittags anzugeben. Unter dieſem Geſichtspunkte kann ein ſynodiſcher Umlauf des Mondes angeſehen werden als eine Umdrehung deſſelben um die Erde, ähnlich ſeiner ſcheinbaren täglichen Umdrehung, während welcher er allein auf die Atmoſphäre wirkt; hiernach dienen dann die Phaſen nur dazu, ſeine verſchiedenen Entfernungen vom Meridiane anzugeben. Und eben ſo können wir umgekehrt die ſcheinbare tägliche Umdrehung des Mondes in Hinſicht ſeiner Einwirkung auf die Atmoſphäre mit einem ſynodiſchen Umlaufe vergleichen. Hiernach iſt es einleuchtend, daß, wenn man den Einfluß der Sonne und der zufälligen Störungen überſieht, das Barometer durch Einwirkung des Mondes während dieſer Umdrehung einmal regelmäßig ſteigen und ſinken muß; daß der tiefſte Stand 135° öſtlich vom Meridiane Statt findet, oder, da die Zeit zwiſchen zwei Culminationen 24 Stunden 50 Minuten beträgt, 9^{h} 18′ vor dem obern Durchgange des Mondes durch den Meridian. Der höchſte Stand findet Statt, wenn der Mond ſich 90° weſtlich von dem Meridiane befindet, alſo etwa 6 St. 12′ nach der Culmination, dergeſtalt, daß vom Minimum bis zum Maximum 15 Stunden 30′, von dieſem bis zu jenem 9 Stunden 20′ verfließen. Man ſieht hieraus, daß das Barometer weit ſchneller ſinkt, als es ſteigt. Man unterſcheidet allerdings in den täglichen Beobachtungen des Barometers dieſe Bewegungen nicht, weil ſie durch die weit größeren und häufig entgegengeſetzten täglichen regelmäßigen, ſo wie durch die unregelmäßigen Oscillationen verdeckt werden; man würde ſie aber ohne Zweifel in den Mitteln einer großen Zahl von Beobachtungen auffinden, welche täglich in den erwähnten Momenten vor und nach der Culmination des Mondes gemacht wären. Wir ſehen hieraus, daß die durch den Mond bewirkte Ebbe und Fluth der Atmoſphäre ſehr von der des Meeres verſchieden iſt, indem erſtere nur einmal, letztere zweimal während des Tages Statt findet.

Digitized by Google

Nicht minder einflußreich ist die Declination des Mondes, indem diese Wirkung bei südlicher Declination des Mondes weit größer ist als bei nördlicher; endlich zeigt sich auch der Einfluß der Entfernung des Mondes. Die mittlere Höhe des Barometers nimmt zu, oder die Wirkung des Mondes nimmt ab, so wie die Parallaxe kleiner wird, und dieses ohne unregelmäßige Schwankungen, so daß wir das Phänomen blos einer vom Monde bewirkten Anziehung der Atmosphäre zuschreiben müssen, was um so wahrscheinlicher wird, da sich zugleich zeigt, daß sich die Einwirkungen des Mondes sehr nahe wie die Kuben der Parallaxen verhalten.

Späterhin haben Eisenlohr [23]) und Eugene Bouvard [24]) den Gegenstand näher untersucht, indem jener 30jährige Carlsruher, dieser 19jährige Pariser Beobachtungen nahm. Beide Reihen von Messungen ergaben eine mehr oder minder vollständige Bestätigung der von Flaugergues aufgestellten Behauptungen. Der niedrigste Barometerstand findet in Carlsruhe am 12ten oder 13ten, in Paris am 13ten; der höchste in Carlsruhe am 23sten, in Paris am 22sten Tage des synodischen Mondsumlaufes Statt. Der Unterschied dieser Extreme beträgt in Carlsruhe 1,157 Linien, in Paris 1,778 Millimeter. Zwischen diesen Extremen ändert sich das Barometer so regelmäßig, daß die etwa vorkommenden Unregelmäßigkeiten nur dem Umstande zugeschrieben werden müssen, daß die Messungen keinen hinreichend langen Zeitraum umfassen.

Flaugergues untersuchte zugleich den Einfluß des Mondes auf die Witterung, indem er die Zahl der Regentage bei den einzelnen Mondsphasen aufsuchte. Er findet für diese Zahl folgende Größen:

Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel	Perigäum	Apogäum
78	88	82	65	96	84

Die Zahl der Regentage ist also im letzten Viertel am kleinsten und nimmt von hier zu, bis sie etwa beim ersten Viertel am größten wird, was Flaugergues mit dem ungleichen Barometerstande bei diesen Phasen in Verbindung setzt.

23) Untersuchungen über das Klima von Carlsruhe. S. 63. Poggendorff's Annalen XXX, 72.

24) Quetelet Correspondance mathématique et physique T. VIII.

Dieſer Einfluß des Mondes auf die Beſchaffenheit der Witterung wurde in neueren Zeiten beſonders von Schübler einer nähern Prüfung unterworfen [25]). Er benutzte dazu 60jährige Aufzeichnungen, welche in der Gegend von Stuttgart und Tübingen gemacht waren; eben ſo haben Bouvard und Eiſenlohr die Zahl der Regentage bei den einzelnen Mondphaſen näher unterſucht. Folgende Tafel enthält die von ihnen gefundenen Reſultate:

	Würtemberg	Carlsruhe	Paris
Tag vor dem Neumond	295	. . .	. .
Neumond	323	651	943
Tag nach dem Neumond . . .	311	. . .	. .
Tag vor dem erſten Octanten .	285	. . .	. .
Erſter Octant	306	606	965
Tag nach dem erſten Octanten .	311	. . .	. .
Tag vor dem erſten Viertel . .	294	. . .	. .
Erſtes Viertel	314	659	976
Tag nach dem erſten Viertel . .	309	. . .	. .
Tag vor dem zweiten Octanten	319	. . .	. .
Zweiter Octant	339	652	1051
Tag nach dem zweiten Octanten	327	. . .	. .
Tag vor dem Vollmonde . . .	325	. . .	. .
Vollmond	333	661	1003
Tag nach dem Vollmonde . . .	326	. . .	. .
Tag vor dem dritten Octanten .	323	. . .	. .
Dritter Octant	329	605	955
Tag nach dem dritten Octanten	329	. . .	. .
Tag vor dem letzten Viertel . .	290	. . .	. .
Letztes Viertel	288	611	937
Tag nach dem letzten Viertel . .	313	. . .	. .
Tag vor dem vierten Octanten .	294	. . .	. .
Vierter Octant	311	573	916
Tag nach dem vierten Octanten	295	. . .	. .

25) Untersuchungen über den Einfluſs des Mondes auf die Veränderungen unserer Atmosphäre. 8. Leipzig 1830. Baumgartner, Schübler und Baumann Untersuchungen über monatliche Perioden in den Veränderungen unserer Atmosphäre. 8. Tübingen 1832. Kastner's Archiv für Chemie u. Meteorologie V, 169.

Digitized by Google

Die Art der Zusammenstellung an diesen drei Orten ist etwas verschieden. Während nämlich Schübler nur die an diesen Tagen unmittelbar erhaltenen Größen nimmt, haben Bouvard und Eisenlohr sämmtliche Regentage genommen, sie aber zu der zunächst liegenden Mondsphase gerechnet. Es folgt daraus, daß die Zahl der Niederschläge etwa zur Zeit des Vollmondes oder des zweiten Octanten am größten, zur Zeit des letzten Viertels oder des vierten Octanten am kleinsten ist. Das Verhältniß zwischen dem Maximum und Minimum ist

in Würtemberg	985:900	= 1:0,91
Carlsruhe	661:573	= 1:0,87
Paris	1051:916	= 1:0,87

also auch das quantitative Verhältniß fällt in diesen durch drei von einander unabhängige Beobachtungsreihen gegebenen Tafeln zusammen.

Eine ähnliche Abhängigkeit zeigen die Winde, indem nach den übereinstimmenden Untersuchungen von Schübler und Bouvard die südwestlichen Winde zur Zeit des zweiten Octanten ihr Maximum, zur Zeit des letzten dagegen ihr Minimum haben.

Dem Gesagten zufolge scheint der Einfluß des Mondes kaum zu bezweifeln; es würde aber voreilig seyn, daraus dem Volksglauben gemäß, alle Aenderungen der Witterung abzuleiten, indem, wie Bouvard mit Recht bemerkt, die unregelmäßigen Aenderungen und die plötzlichen Sprünge im Stande der Witterung weit größer sind, als die geringen Differenzen, welche wir bei den verschiedenen Mondsphasen finden.

Was die Ursache dieser Einwirkung betrifft, so ist Schübler geneigt, letztere aus einer schwachen Einwirkung des Mondlichtes auf die chemischen Prozesse in unserer Atmosphäre herzuleiten. Nehmen wir nämlich an, daß das Mondlicht etwas dazu beitrage, den Wasserdampf niederzuschlagen, so wird sich die Zunahme der Regenmenge mit Annäherung zum Vollmond, eben so die größere Regenmenge zur Zeit des ersten Viertels und in den nächst folgenden Tagen genügend erklären. Zur Zeit des ersten Viertels nämlich tritt die Culmination des Mondes Abends gegen 6 Uhr ein, wo die Atmosphäre weit mehr Wasserdämpfe aufgenommen hat und mehr zu Niederschlägen geneigt ist, als Morgens

Digitized by Google

gegen 6 Uhr, um welche Zeit der Mond während seines letzten Viertels seinen höchsten Stand erreicht.

Eisenlohr dagegen sucht eben so wie Flaugergues diese ganze Abhängigkeit der Witterung blos in der Anziehung des Mondes. Es kann nämlich unter verschiedenen Breitengegenden der Einfluß des Mondes von verschiedener Stärke seyn und vielleicht in manchen Gegenden durch die klimatischen Verhältnisse, oder, wie namentlich in der heißen Zone, durch den Sonneneinfluß beinahe unmerklich gemacht werden; hiedurch können Störungen des atmosphärischen Gleichgewichtes verursacht werden, welche die Entstehung von Luftströmungen zur Folge haben müssen. Indem nun die südlichen und westlichen Winde immer von tiefem Barometerstand und meistens von trüber und regnigter Witterung, die nördlichen und östlichen dagegen immer von höherm Barometerstand und meistens von heller und trockener Witterung begleitet sind, und man wohl annehmen darf, daß der Grad der Feuchtigkeit eines Windes den bei denselben *Statt findenden* Barometerstand im Allgemeinen bedingt: so kann zu einer Zeit der Einfluß des Mondes ein vom Aequator zur gemäßigten Zone strömender, mit Wasserdampf überladener Wind entstehen, mit welchem ein Sinken des Barometers, Bildung von Wolken und wäßrigen Niederschlägen verbunden seyn muß. In einer andern Zeit kann aber eine größere Spannung in den höheren Breitengraden eintreten, welche eine Strömung kälterer Luft gegen den Aequator verursachen und somit einen höhern Barometerstand und einen hellern Himmel verursachen könnte.

Ob eine dieser Ansichten naturgemäß sey, wage ich nicht zu entscheiden. Ehe dieses geschieht, bedarf es einer Zusammenstellung von vieljährigen Beobachtungsreihen in sehr verschiedenen Breiten.

Digitized by Google

Verbesserungen.

S. 32. Z. 2 v. u. lese man die hellere Stelle für die hellere Nebel.
— 48. S. 19 streiche man: von diesen.
— 49. — 4 setze man hinter Schattirung: nicht, hinzu.
— 49. — 15 lese man höherer statt niederer.
— 81. — 1 lese man erwähnten statt erwünschten.
— 94. — 32 lese man Lichtstrahlen für Luftstrahlen.
— 172 — 18 lese man richtigere für wichtigere.
— 196 — 25 lese man Tenne für Tanne.
— 198 — 6 lese man dennoch für demnach.
— 213 — 26 lese man klaren für kleinen.
— 223 — 5 v. u. lese man Standlinie für Sternlinie.
— 224 — 22 lese man Taf. II. Fig. 6. für Taf. III. Fig. 1.
— 319 — 4 lese man bewirkten statt bemerkten.
— 319 — 12 lese man diese sich erst für diese sie erst.
— 395 — 24 schalte man so folgt, vor: daß es nur ein.
— 395 — 27 lese man nämlich für nun.
— 464 — 12 lese man Taf. II. Fig. 7. für Taf. III. Fig. 2.
— 525 — 4 lese man noch für auch.

Digitized by Google

Druck der Gebauerschen Buchdruckerei in Halle.

Digitized by Google

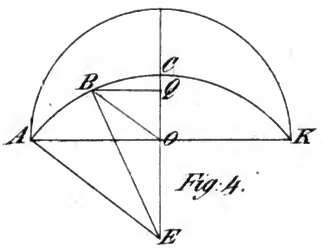


Fig. 4.

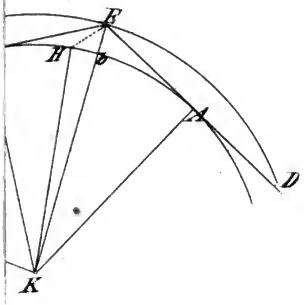
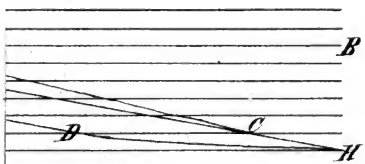
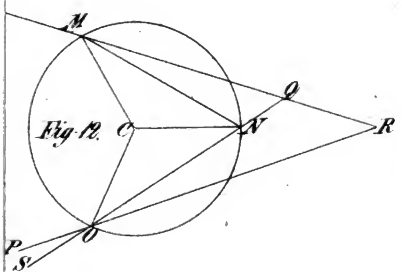


Fig. 7.





Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

RETURN TO ⟶ **CIRCULATION DEPARTMENT**
202 Main Library

LOAN PERIOD 1 **HOME USE**	2	3
4	5	6

ALL BOOKS MAY BE RECALLED AFTER 7 DAYS
1-month loans may be renewed by calling 642-3405
6-month loans may be recharged by bringing books to Circulation Desk
Renewals and recharges may be made 4 days prior to due date

DUE AS STAMPED BELOW

SEP 19 1981
RET'D SEP 25 1981
MAY 30 1983
JAN 1 1984
REC. CIR. SEP 2 '83
INTERLIBRARY LOAN
AUG 29 1990
UNIV. OF CALIF. BERK.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
FORM NO. DD6, 60m, 12/80 BERKELEY, CA 94720

Digitized by Google

Digitized by Google